# sanwa®

# MULTITESTER KIT-8D

# 回路計の製作実習

## 組立・取扱説明書

CE

# 目　次


Ⅰ　**取扱説明**

1－1　安全に関する項目～使用前に必ずお読みください。～　…　1
1－2　製品説明　…………　2
　① 用途と特長　…………　2
　② 各部の名称　…………　2
1－3　機能説明　…………　3
　① 各機能説明　…………　3
1－4　測定方法　…………　4
　① 始業点検　…………　4
　② 測定前の準備　…………　4
　③ 直流電圧(DCV⎓)の測定　…………　5
　④ 交流電圧(ACV～)の測定　…………　6
　⑤ 直流電流(DCA⎓)の測定　…………　7
　⑥ 抵抗(Ω)の測定　…………　8
　⑦ バッテリチェック(1.5 V)　…………　9
　⑧ その他の測定方法　…………　10
1－5　保守管理について　…………　12
　① 保守点検　…………　12
　② 校　　正　…………　13
　③ 電池およびヒューズ交換　…………　13
　④ 保管について　…………　14
1－6　トラブルシューティング　…………　15
1－7　補修部品について　…………　15
1－8　仕　様　…………　16
　① 一般仕様　…………　16
　② 測定範囲と許容差　…………　16

Ⅱ　**テスタ(回路計)の基礎知識**

2－1　テスタとは　…………　17
2－2　メータの原理　…………　17
2－3　テスタの構造　…………　18
2－4　オームの法則　…………　20
2－5　合成抵抗の求め方　…………　20
2－6　補助単位　…………　21
2－7　倍率器(マルチプライヤ)　…………　21
2－8　分流器(シャント)　…………　22
2－9　整流回路　…………　23
2－10　抵抗計の原理　…………　24
2－11　カラーコード・定格記号について　…　25

Ⅲ　**テスタの組立**

3－1　はんだの特性について　…………　26
3－2　はんだ付けの方法　…………　26
3－3　はんだ付けの練習　…………　27
3－4　組立準備　…………　27
3－5　組立・配線　…………　28

Ⅳ　**動作試験と校正**

4－1　簡易動作チェック　…………　43
4－2　テスタの校正　…………　45
4－3　測定結果　…………　46
4－4　結果のまとめ　…………　47

Ⅴ　**テスタの回路計算**

5－1　メータ回路　…………　48
5－2　直流電流計(DCA)回路　…………　49
5－3　直流電圧計(DCV)回路　…………　49
5－4　交流電圧計(ACV)回路　…………　51
5－5　抵抗計(Ω)回路　…………　52
5－6　バッテリチェック回路(1.5 V)　…　54
　・KIT-8D形回路図　…………　55

Ⅵ　**別売付属品ブザーキットの組立**　……　56
　・台紙部品表　…………　61

# I　取扱説明

## 1－1　安全に関する項目～ 使用前に必ずお読みください。～

このたびはサンワテスタ・キット〈KIT-8D〉をお買い上げいただき、誠にありがとうございます。

本製品のご使用にあたりましては、取扱説明書に記載されている「安全にご使用いただくために」「測定方法」「保守管理について」の項目は特に重要な内容ですので、よくお読みいただき正しく安全にご使用ください。なお取扱説明書は製品と一緒にして大切に保管してください。

取扱説明書を読まずに使用された場合、やけどや感電などの人身事故および本器破損につながるおそれがありますので、必ずこの取扱説明書をよくお読みいただいてからご使用ください。

### ●警告マークなどの記号説明

本文中の“警告”および“注意”の記載事項は必ずお守りください。使用方法を誤るとやけどや感電などの人身事故、および本器の破損につながる場合があります。

・本器および「取扱説明書」に記載されている記号の意味について

⚠　安全に使用するための特に重要な事項を示しますので、この説明書をよく読んでください。特に警告文は人身事故を防止するためのものです。注意文は本器を壊すおそれのあるお取り扱いについての注意です。必ずお守りください。

⚡　高電圧が印加されるため注意してください。

⊟　ヒューズ

⎓　直流(DC)

～　交流(AC)

### ● ⚠安全にご使用していただくために

以下の項目は、やけどや感電などの人身事故を防止するためのものです。
本器をご使用する際には必ずお守りください。

**⚠ 警　告**

1. 6 kVA以上の電力ラインでは測定しないこと。
2. 被測定電圧がDC 70 VまたはAC 33 Vrms, 46.7 Vpeak以上では、感電するおそれがあります。
3. 本器または手が水などでぬれた状態での使用はしないでください。
4. 測定ごとの「レンジ確認」を、確実に行ってください。
5. リヤケースを開けた状態または、リヤケースおよびその絶縁部分が損傷している状態では使用しないでください。
6. 取扱説明書による作業の場合を除き、本器の改造、分解はしないでください。
7. 内蔵ヒューズは必ず同定格のものを使用してください。
8. テストリードは指定タイプのものを使用してください。

9．被覆の傷ついたテストリードは、使用せず、交換してください。

10. 測定中はつばよりテストピン側を持たないでください。

11. 脈流波や、パルスを含んだ波形の測定では、過電圧とならぬよう注意してください。

12. 本器の点検は1年に1回以上は必ず行ってください。

13. 測定中に他のレンジに切り換えないでください。

14. 誘起電圧、サージ電圧の発生するモータなどのライン測定はしないでください。

15. 屋内で使用すること。

## 1－2　製品説明

### ①　用途と特長

・用途 …… 本器は小容量電路の測定用に設計された、学習用の携帯形キット製品です。小形の通信機器や家電製品、電灯線電圧や電池の測定などに適します。

・特長 …… 1）軽量、小形、高感度、耐ショックタイプのトートバンド機構のメータを搭載。
2）DCV、ACV、DCA、Ωの基本機能に加え1.5 Vの乾電池を実負荷(20 Ω)でチェックできるバッテリチェックレンジ付き。
3）テストリードは直付け方式で紛失の心配はなく、本体に収納スペースを設けてあるので収納にも便利。
4）スタンド兼用のパネル面の保護カバー付き。
5）持ち運びに便利なハンドストラップ付き。

### ②　各部の名称

・各部名称

－スタンドとしての使用例－

・目盛板の読み取り方

| 測定レンジ | 目盛数字倍率 | 測定目盛 |
|---|---|---|
| Ω ×1 k | ×1 k | ① |
| Ω ×10 | ×10 | |
| Ω ×1 | ×1 | |
| DC 300 V | ×1 | ② |
| AC 300 V | ×1 | |
| DC 0.3 A | ×0.001 | |
| DC 30 V | ×0.1 | |
| AC 30 V | ×0.1 | |
| DC 30 mA | ×0.1 | |
| DC 3 V | ×0.01 | |
| DC 3 mA | ×0.01 | |
| DC 0.3 V | ×0.001 | |
| DC 600 V | ×10 | |
| AC 600 V | ×10 | |
| DC 60 μA | ×1 | |
| DC 120 V | ×10 | |
| AC 120 V | ×10 | |
| DC 12 V | ×1 | |
| AC 12 V | ×1 | ③ |
| 1.5 V | ×1 | ④ |

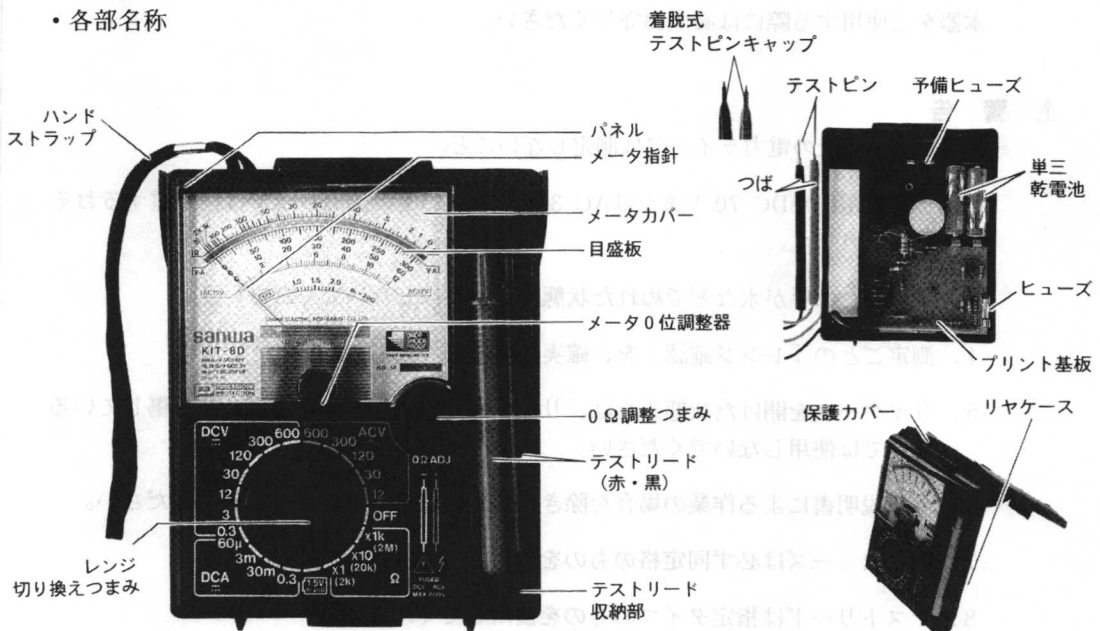
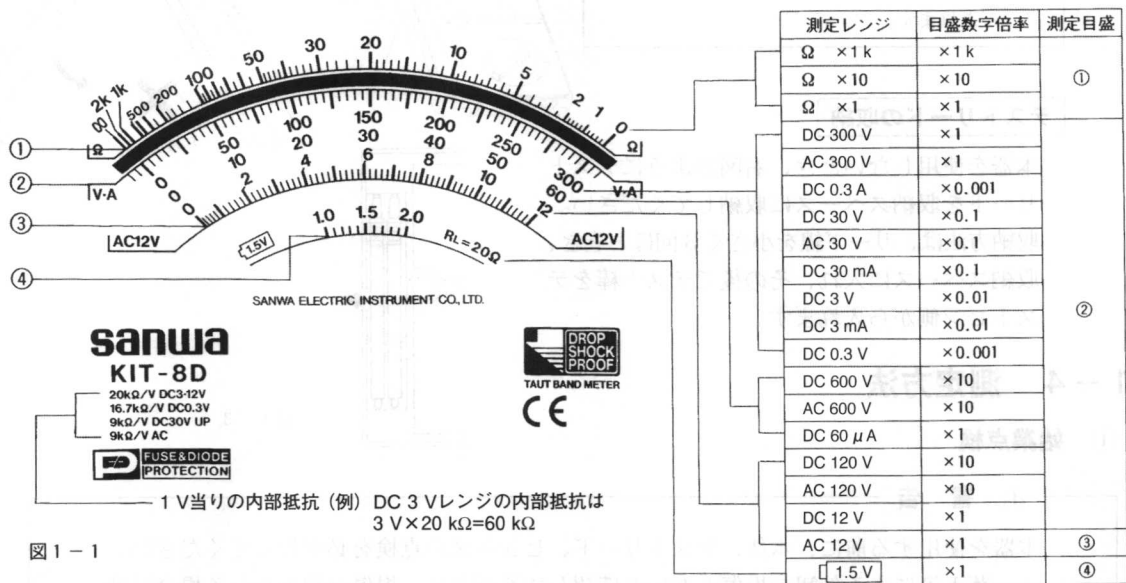



図1－1

# 1－3　機能説明

## ①　各機能説明

**レンジ切り換えつまみ**

測定機能を選択するスイッチのつまみです。レンジ切り換えつまみを測定したいレンジに合わせます。

**メータ0位調整器**

メータ指針を0（目盛左端）に合わせるためのものです。

**0Ω調整つまみ**

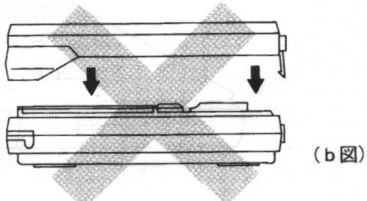
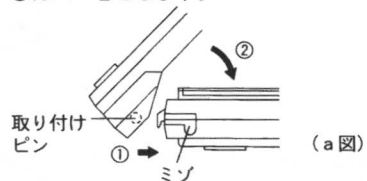
Ω測定前、指針をΩ目盛の0（目盛右端）に合わせるためのものです。

**保護カバーの使い方**

1．本器を使用しない場合はパネル面へ、使用する場合はリヤケース面へa図のように取り付けます。b図のように真上からはめ込みますとカバーが破損しますのでしないでください。

2．スタンドとして使用する場合は、c図のように本体と結合してください。d図のようにスタンドにした状態のままとじますと、カバーが破損しますので行わないでください。

図1－2

①カバー内側の取り付けピンを本体ミゾへ差し込み、スライドさせます。
②カバーをとじます。

注）スタンドとして使用される場合メータが水平状態でないため指示誤差が大きくなることがあります。

**テストリードの収納**

本器を使用しないとき、右図のようにテストリードを収納スペースに収納してください。収納方法は、リード線を小さく3回ほど巻き、収納スペースに入れ、その後でテスト棒をテストピン側から入れます。

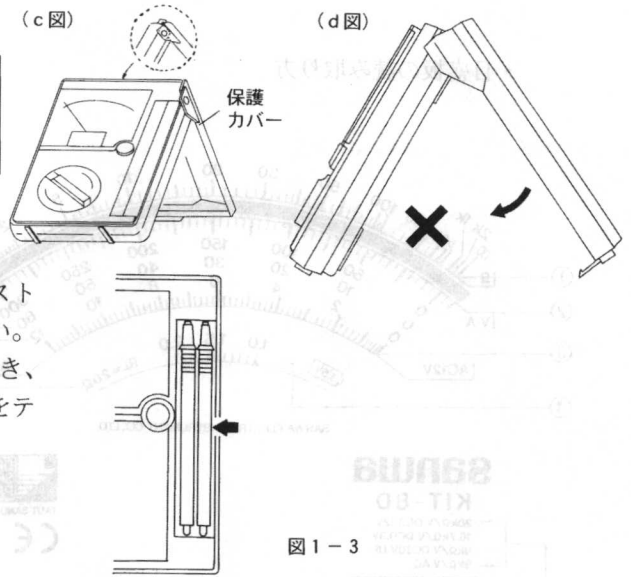



図1－3

## 1－4　測定方法

### ①　始業点検

**⚠ 警　告**

本器を使用する前に、本体、テストリード、ヒューズの点検を必ず行ってください。

1．落下等による外観の損傷がないか確認してください。損傷が認められる場合は使用しないでください。
2．テストリードのコード部分の損傷および心線が露出しているものは、感電のおそれがあります。使用しないでください。
3．テストリード、内蔵ヒューズの断線がないことをご確認ください。
（P．12「保守管理について」の“①－3　内蔵ヒューズ”の項参照）

### ②　測定前の準備

1）メータの0位調整

メータの0位調整器を回して、指針を目盛左端の0目盛に合わせます。これは、たびたび行う必要はありませんが、ゼロの狂い分だけ指示誤差がでますので注意が必要です。また、測定器を使う際の基本ですから習慣づけることが大切です。方法は下図を参考にしてください。

2）レンジ切り換えつまみにより目的の測定レンジを選定します。

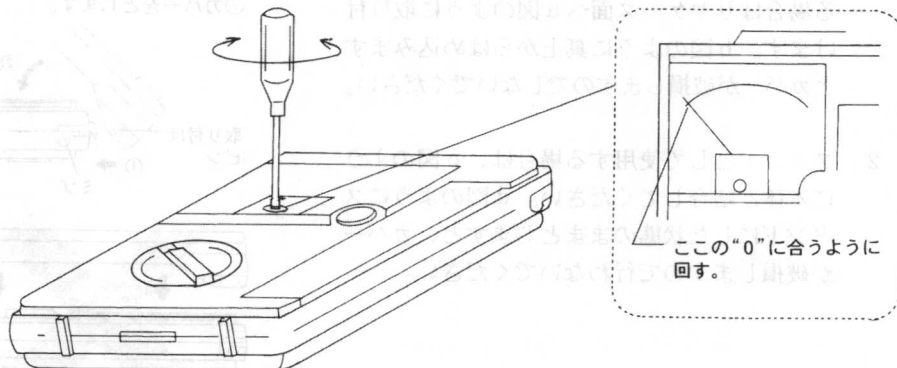



図1－4

### ③ 直流電圧(DCV⎓)の測定 最大測定電圧DC 600 V

⚠ **警 告**

1. 各レンジの最大測定電圧を超えた入力信号は絶対に印加しないでください。
2. 測定ごとの「レンジ確認」を確実に行ってください。
3. 測定中は他のレンジに切り換えないでください。
4. 絶対にぬれた手では測定しないでください。
5. 測定中はつばよりテストピン側を持たないでください。

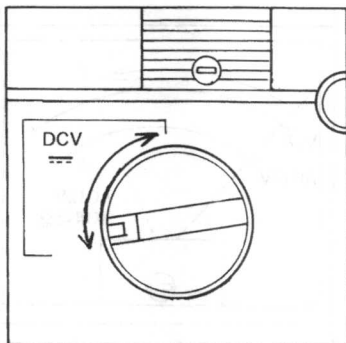
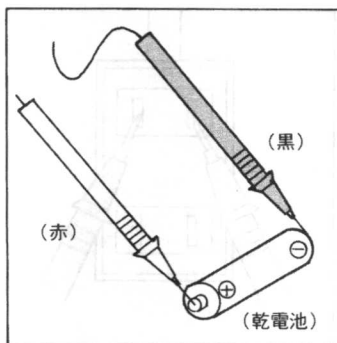
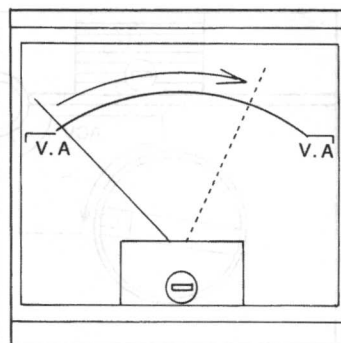
1) 測定対象

電池類全般、ラジオ、アンプ等の直流電圧が対象です。

2) 測定レンジ

0.3/3/12/30/120/300/600 Vの7レンジ

3) 測定方法

直流電圧の測定ですので電源の極性に注意し、(極性が逆ですと、メータが逆振れします。)**回路と並列に接続します**。手順は以下のとおりです。

1. レンジ切り換えつまみをDCVレンジの中で最適なレンジに合わせます。

2. 赤のテストピンを被測定物のプラス側に、黒のテストピンをマイナス側にあてます。

3. メータの振れをV・A目盛で読み取ります。

── 図1－5 ──

**メ モ**

最適なレンジとは読み取り精度をよくするため、できるだけ最大目盛に近い(右側)目盛で読むことができるレンジです。(例えば2 Vのときは3 Vレンジ、10 Vのときは12 Vレンジというように、測定する値より大きく、かつ近いレンジを選びます。)
また、測定値の見当がつかない場合は、最大レンジ(600 V)で測定してみます。

## ④ 交流電圧(ACV～)の測定 最大測定電圧AC 600 V

**⚠ 警 告**

1. 各レンジの最大測定電圧を超える入力信号は絶対に印加しないでください。
2. 測定ごとの「レンジ確認」を確実に行ってください。
3. 絶対にぬれた手では測定しないでください。
4. 測定中は他のレンジに切り換えないでください。
5. 測定中はつばよりテストピン側を持たないでください。

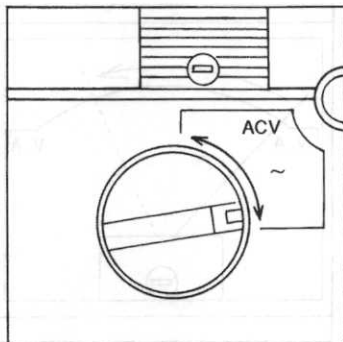
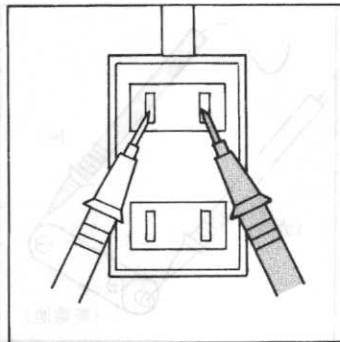
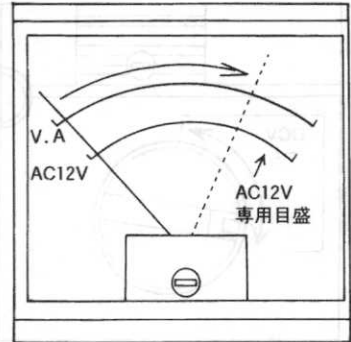
1）測定対象

小形電源トランスのタップ電圧、電灯線電圧などです。

2）測定レンジ

12/30/120/300/600の5レンジ

3）測定方法

交流電圧の測定ですので電源の極性は関係なく、**回路に並列に接続して測定を行います。**
手順は以下のとおりです。

1.レンジ切り換えつまみをACVレンジの中で最適なレンジに合わせます。

2.被測定物にテストピンをあてます。

3.メータの振れをV・A目盛で読み取ります。(ただしAC 12 Vレンジは、AC 12 V専用目盛で読み取ります。)

—— 図1－6 ——

注意 ●波形の影響：正弦波以外の測定では、誤差を生じます。
●周波数の影響：周波数が高くなると誤差が大きくなります。
周波数は30 Hz～50 kHz(AC 12 Vレンジ)の範囲で使用してください。

## ⑤　直流電流(DCA⎓)の測定　**最大測定電流DC 0.3 A**

**⚠ 警　告**

1．電流測定レンジには、電圧を印加しないでください。やけどや感電のおそれがあります。
2．入力端子に最大測定電流を超えた入力信号は絶対に加えないでください。
3．必ず回路と直列になるように接続してください。
4．測定ごとの「レンジ確認」を確実に行ってください。
5．必ず弱電回路のみ使用してください。
6．絶対にぬれた手では測定しないでください。
7．測定中は他のレンジに切り換えないでください。

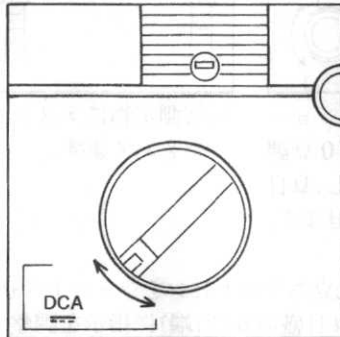
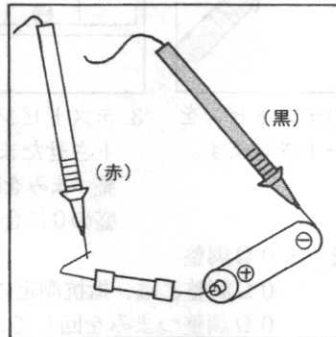
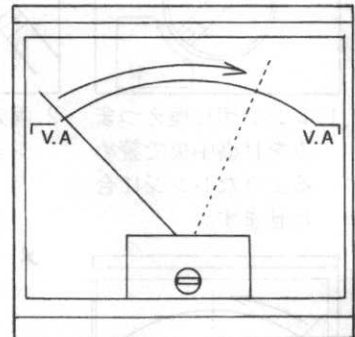
1）測定対象

電池を使用した回路や整流回路の電流等を測定します。

2）測定レンジ

60 μ/3 m/30 m/0.3 Aの4レンジ

3）測定方法

直流電流の測定ですので電源の極性に注意し、**回路と直列に接続して測定を行います。**
測定手順は以下のとおりです。

1.レンジ切り換えつまみをDCAレンジの中で最適なレンジに合わせます。

2.被測定回路の電源をOFFにしてから回路を切り離し、赤テストピンをプラス側、黒テストピンをマイナス側に接続します。

3.被測定回路の電源をONにしメータの振れをV・A目盛で読み取ります。

—— 図1－7 ——

注意　●電流測定では電流レンジの内部抵抗が直列に入り、この分だけ電流が減少しますので、低抵抗回路では影響が大きくなります。

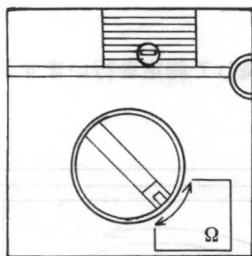
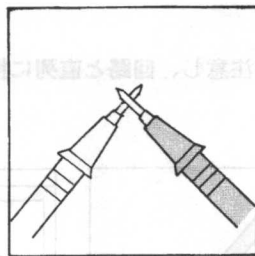
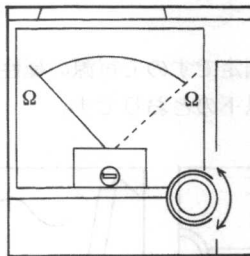
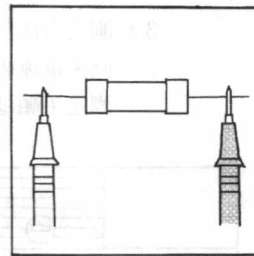
## ⑥ 抵抗(Ω)の測定 **最大測定抵抗2 MΩ**

**⚠ 警 告**

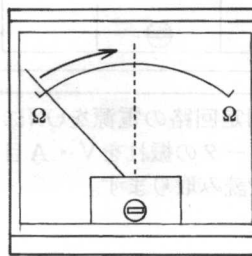
1．抵抗レンジでは絶対に電圧を印加しないでください。
2．測定ごとの「レンジ確認」を確実に行ってください。
3．電圧が加わっている回路での測定はできません。
4．絶対にぬれた手では測定しないでください。
5．測定中は他のレンジに切り換えないでください。

1）測定対象
固定抵抗器の抵抗測定や、配線の接続、断線のチェックを行います。

2）測定レンジ
×1/×10/×1 kの3レンジ

3）測定方法
以下の手順にて測定を行います。

1.レンジ切り換えつまみを目盛中央で読めるようなレンジに合わせます。

2.両方のテストピンをショートさせます。

3.テストピンをショートさせたまま0Ω調整つまみを回し、Ω目盛の0に合わせます。

4.被測定物にテストピンをあてます。

5.メータの振れをΩ目盛で読み取ります。

図1－8

**メ モ**
・0Ω調整
0Ω調整とは、抵抗測定に先立ちテストピンをショートさせ、0Ω調整つまみを回して、Ω目盛の0（右端）に指示を調整することです。レンジを切り換えたらそのつど、連続測定の場合は適時0Ω調整を行ってください。
・0Ω調整を行ったとき、0Ω調整つまみを右いっぱいに回しても0Ωまで振れない場合は、内蔵電池が消耗していますので、電池を交換してください。
・抵抗測定時のテスタの極性
抵抗レンジは回路図からもわかるように、赤テストリードがマイナス、黒テストリードがプラスの極性になります。

・テストピンに指を触れて測定すると人体の抵抗の影響を受け、誤差を生じます。（特に×1 kレンジ）
・ヒューズの抵抗
定格(0.5 A)より小さなヒューズや消弧剤入りヒューズをご使用になりますと、ヒューズ抵抗の影響で、×1レンジの0Ω調整ができなくなったり、測定精度が低下します。
必ず同定格、同仕様のヒューズをご使用ください。

## ⑦ バッテリチェック(1.5 V)　**負荷抵抗RL=20 Ω**

**⚠ 警　告**

1．測定ごとの「レンジ確認」を確実に行ってください。
2．測定中は他のレンジに切り換えないでください。

1）測定対象
マンガン乾電池(SUM-1/R20，SUM-2/R14，SUM-3/R6)やアルカリ乾電池(LR20，LR14，LR6)など。

2）測定レンジ
1.5 V/RL=20 Ω　1レンジ

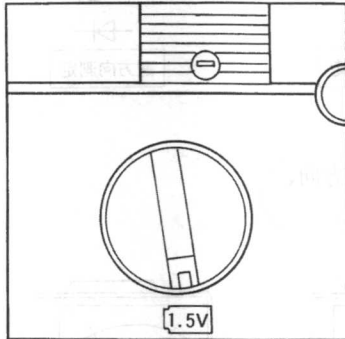
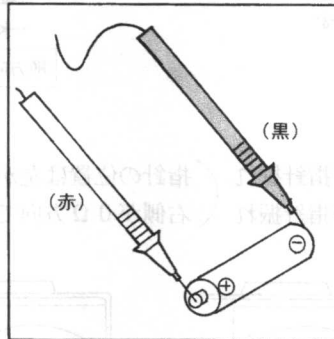
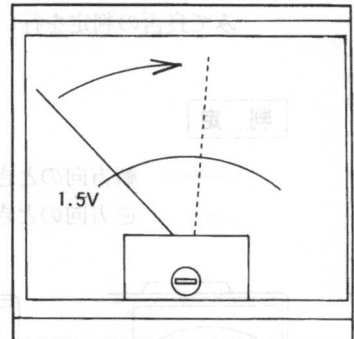
3）測定方法
電池に負荷抵抗をつなぎ、そのときの電流を取り出して電圧を測定します。よって、使用状態に近いチェックを行うことができます。測定手順は以下のとおりです。

1.レンジ切り換えつまみをバッテリチェックレンジに合わせます。

2.赤のテストピンを被測定物のプラス側に、黒のテストピンをマイナス側にあてます。

3.メータの振れをバッテリチェック目盛で読み取ります。

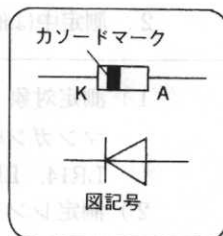
図1－9

注意　・負荷が大きいので、電流容量の小さいボタン形電池の測定はしないでください。
・電池の判断の目安としては0.9 ～ 1.6 V位で良品と判断できます。ただし使用する機器によってこの値は変わりますのでご注意ください。

## ⑧　その他の測定方法

ここではΩレンジを使用した電子部品の簡単なチェック方法をご紹介します。各電子部品の動作なども確認できますので以下の方法を参考にして、行ってください。

a）ダイオードのチェック

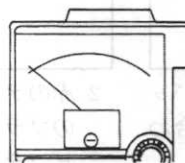
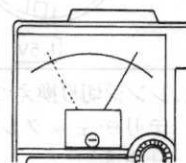
下図の要領によってダイオードの良否の判定を行うことができます。良品では順方向でメータが大きく振れ、逆方向ではほとんど振れません。チェックしたときの各状態は図のとおりですので、参考にしてください。

**チェック方法**

測定レンジを×10または×1 kにして、0 Ω調整を行います。テストピンを図のようにあて、指針の振れをみて良否の判定を行います。

**判　定**

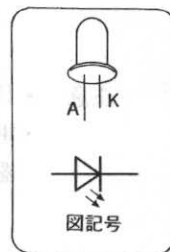
———　順方向のときの指針振れ
‥‥‥　逆方向のときの指針振れ
（指針の位置は左が∞方向、右側が0 Ω方向です。）

良　品

ショート
（順逆方向とも図の位置の振れ）

断　線
（順逆方向とも図の位置の振れ）

劣　化

b）発光ダイオード(LED)のチェック

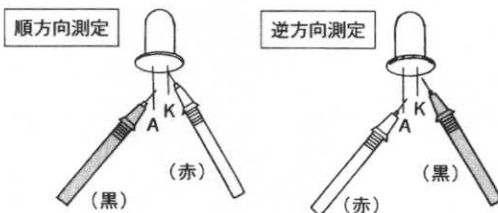
a）で説明したダイオードと同様にしてLEDのチェックも行うことができます。
LEDにより発光させるための測定レンジは多少異なります。

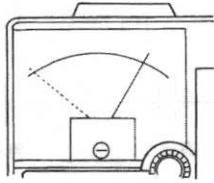
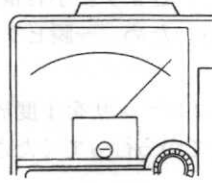
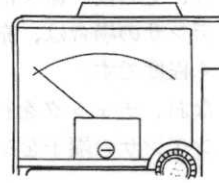
A　K
図記号

**チェック方法**

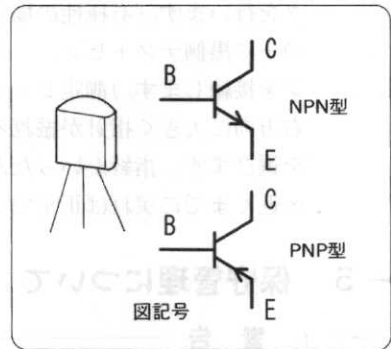
測定レンジを×１または×10にして、０Ω調整を行います。テストピンを図のようにあて、指針の振れをみて良否の判定を行います。

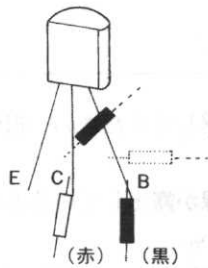
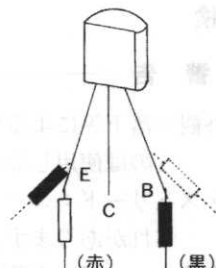
順方向測定

逆方向測定

注）×１では過電流とならぬようLEDの容量に注意してください。

**判　定**

———　順方向のときの指針振れ　（指針の位置は左が∞方向、
………　逆方向のときの指針振れ　　右側が０Ω方向です。）

| 良　品 | ショート | 断　線 |
|---|---|---|
| （順方向のとき発光） | （順逆方向とも発光せず） | （順逆方向とも発光せず） |

c）トランジスタのチェック
トランジスタもΩレンジを使用する事によって簡単な良否の判別が可能です。
判別の方法は下記の方法を参考にしてください。

**チェック方法**

測定レンジを×１kにして、０Ω調整を行います。図のようにテストピンをトランジスタにあて判定を行います。

—Ｂ－Ｃ間のチェック—

**判　定**

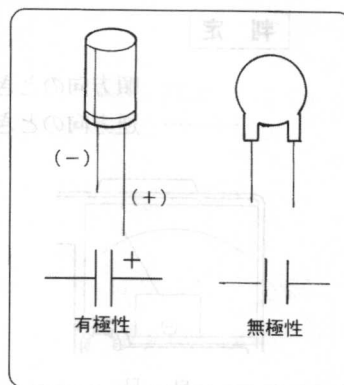
NPNの場合
・実線方向の測定で指針が振れて、点線方向の測定で指針が振れなければ良い。
（Ｂ—Ｃ，Ｂ—Ｅ両チェックとも）

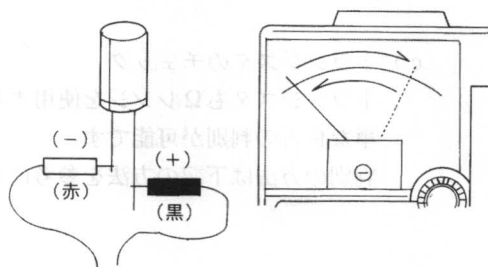
PNPの場合
・点線方向の測定で指針が振れて、実線方向の測定で指針が振れなければ良い。
（Ｂ—Ｃ，Ｂ—Ｅ両チェックとも）

d）コンデンサのチェック

電解コンデンサのような比較的容量の大きなコンデンサのチェックを行うことができます。

テストピンをあてますとコンデンサの充電電流で指針が振れ、その後、徐々に指針は戻っていきます。小容量のコンデンサの場合は、充電電流が小さいため、一瞬ピクッと動く程度です。

なお、チェックを行う際には、コンデンサを1度放電(コンデンサの端子をショート)させてから行ってください。

**チェック方法**

コンデンサの両極にテストピンをあて、チェックを行います。(有極性の場合はコンデンサの＋に黒側テストピン、－に赤側テストピンを接続します。)測定レンジは、なるべく右方向に大きく指針が振れるようなレンジを選びます。指針がいったん振れ、その後∞近くまでに戻れば正常です。

## 1－5　保守管理について

⚠ **警　告**

取扱説明書に記載された保守・管理に必要な作業を除き、リヤケースをむやみに開けないでください。

### ①　保守点検

⚠ **警　告**

1．外観：落下等による外観の損傷がないか確認してください。損傷の認められるものは使用しないでください。

2．テストリード：コード部分の損傷および心線が露出しているものは、感電のおそれがあります。使用しないでください。

3．内蔵ヒューズ：内蔵ヒューズが切れたりしていないか確認してください。確認方法は以下を参照してください。

### ●　内蔵ヒューズの確認方法

1　レンジ切り換えつまみをΩレンジの×1 kにします。

2　テストピンをショートさせます。

3　メータが振れれば正常、振れなければヒューズの断線の疑いがあります。内蔵の予備ヒューズと交換してもう一度調べてください。

## ② 校　正

> ⚠ **警　告**
>
> 安全と確度の維持のため１年に１回以上は校正、点検をしてください。校正、点検の代行につきましては販売代理店、発売元までお問い合わせください。

## ③ 電池およびヒューズ交換

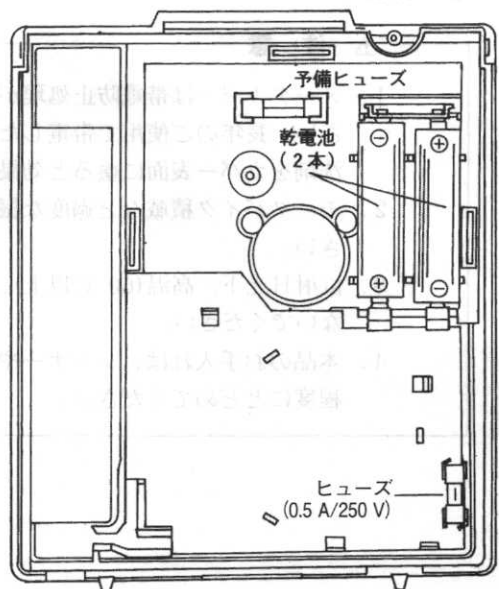
> ⚠ **警　告**
>
> 1．この説明書どおりの作業手順で内蔵電池、ヒューズの交換を行う場合を除き本器のリヤケースをはずさないでください。
> 2．作業を行う前に、必ず被測定回路からテストピンが離れている状態か、確認してください。
> 3．交換ヒューズは同定格のものをご使用ください。
> 別定格のヒューズを用いたりヒューズホルダ端子間を銅線などで短絡することは絶対にしてはいけません。

1）電池の交換

内蔵電池が消耗してきますと、Ωレンジにて０Ω調整つまみを右いっぱいに回しても０Ω調整ができなくなります。調整ができなくなりましたら、内蔵電池の交換をしてください。

**交換方法**

1. 本体に取り付けられている保護カバーを取り外します。
2. ケース止めねじをはずし、リヤケースをはずします。
3. 消耗した電池を取り出して、新品の電池と交換します。⊕、⊖の極性を間違えぬよう注意し、電池ホルダにしっかり入れてください。
4. リヤケースをパネルに合わせ、ケース止めねじをしめます。
5. 保護カバーを本体に取り付けます。

注意・本器に使用する電池は指定の電池を使用してください。
（単三乾電池　UM-3/R6　２本）
・電池はパネルに表示されている極性にしたがって電池を入れてください。

2）ヒューズの交換

**⚠ 警 告**

ヒューズは安全や性能を維持するため、同定格のヒューズを使用してください。
（入手しにくい場合は、当社へご注文ください。）

**使用ヒューズ定格**

0.5 A/250 V（直径5.2 mm、長さ20 mm、ガラス管入り、遮断容量300 A）

ΩやDCA、バッテリチェックレンジに誤って電灯線電圧(100 V)などを加えますと、ヒューズが切れて回路を保護します。
Ωレンジでメータを振らせる操作をしても、メータがまったく振れない原因の多くはヒューズ切れです。

**交換方法**

1 本体に取り付けられている保護カバーを取り外します。
2 ケース止めねじをはずし、リヤケースをはずします。
3 ヒューズホルダから溶断したヒューズを抜き取り、新品ヒューズと交換します。
4 リヤケースをパネルに合わせ、ケース止めねじをしめます。
5 各レンジの指示が正常かチェックします。
6 保護カバーを本体に取り付けます。

**●内蔵の予備ヒューズをご使用ください。**

## ④ 保管について

**⚠ 注 意**

1．メータカバーは帯電防止処理がされております。布などで強くこすらないでください。長年のご使用で帯電した場合は、応急処置として水で数倍にうすめた中性洗剤をカバー表面に塗ると効果があります。
2．モータバイク積載など過度な振動は、メータ故障の原因となります。避けてください。
3．直射日光下、高温(60 ℃以上)、多湿(85 %以上)、結露する場所に長時間、置かないでください。
4．本品のお手入れは、シンナーやアルコールの使用を避け、筆や布などで軽く払う程度にとどめてください。

## 1－6　トラブルシューティング

本器を修理に出される前にご確認ください。

| 故　障　状　況 | チェックポイント | 処　　置 |
|---|---|---|
| 全レンジの指示がでない<br>（メータが振れない） | ヒューズは切れていませんか？ | ヒューズを交換してください。 |
| | テストリードは断線していませんか？ | 当社へ修理依頼してください。 |
| Ωレンジの指示がでない、<br>0Ω調整ができない。 | 内蔵電池は消耗していませんか？ | 電池を交換してください。 |

## 1－7　補修部品について

●交換用ヒューズ（0.5 A/250 V、直径5.2 mm、長さ20 mm、ガラス管入り、遮断容量300 A）
　交換用ヒューズのお求めは当社のサービス課あてに、代金＋送料分の切手を添えて、製品型名、部品名を明記してご注文ください。

ヒューズ　1本　　￥42（消費税込み）
送　　料　10本まで　￥120
〔送り先〕　三和電気計器株式会社　サービス課
〒205-0023　東京都羽村市神明台4-7-15
TEL（042）554-0113　FAX（042）555-9046

**お問い合わせについて**

製品に対するご質問などありましたら当社へお問い合わせください。

東京本社　　　　：TEL（03）3253-4871　FAX（03）3251-7022
大阪営業所　　　：TEL（06）6631-7361　FAX（06）6644-3249
お客様計測相談室：0120-51-3930
受付時間9：30～12：00　13：00～17：00（土日祭日を除く）
三和電気計器（株）ホームページ：http://www.sanwa-meter.co.jp

## 1－8　仕　様

### ①　一般仕様

| AC 整流方式 | 半波整流 |
|---|---|
| メーター | 内部磁石式トートバンド機構の可動コイル形 |
| 許容差保証温室度範囲 | 21～25 ℃ 75 %RH以下 結露なき事 |
| 使用温室度範囲 | 3～43 ℃ 80 %RH以下 結露なき事 |
| 保存温室度範囲 | −10～50 ℃ 70 %RH以下　結露なき事 |
| 使用環境条件 | 高度2000 m以下・環境汚染度Ⅱ |
| 安全規格 | EN61010-1 2nd（2001） |

| 回 路 保 護 | 商用電源AC 200 Vまでの電圧を、全レンジに5秒間印加しても、ヒューズとダイオードで保護します。（くり返し印加すると、ダイオードが劣化することあり） |
|---|---|
| 周 波 数 特 性 | 30 ～ 50 kHz（AC 12 Vレンジ） |
| 内 蔵 電 池 | 単三形マンガン乾電池UM-3（1.5 V）×2本 |
| 内蔵ヒューズ | 0.5 A/250 V、直径5.2 mm、長さ20 mm、ガラス管入り<br>遮断容量300 A　2本（1本は予備） |
| 付　属　品 | 取扱説明書　1冊 |
| 別 売 付 属 品 | ブザーキット |
| 寸 法・ 質 量 | 159.5×129×41.5 mm　約320 g |

**過電圧カテゴリ**

過電圧カテゴリⅡ（CAT Ⅱ）：コンセントに接続する電源コード付き機器の一次側電路
過電圧カテゴリⅢ（CAT Ⅲ）：直接分電盤から電気を取り込む機器の一次側および分岐部からコンセントまでの電路

### ②　測定範囲と許容差

| 測 定 機 能 | 測　定　範　囲 | 許　容　差 |
|---|---|---|
| 直流電圧（DCV） | 0.3 V（内部抵抗16.7 kΩ/V）<br>3/12 V（内部抵抗20 kΩ/V）<br>30/120/300/600 V（内部抵抗9 kΩ/V） | 最大目盛値の±3 %以内 |
| 交流電圧（ACV） | 12/30/120/300/600 V（内部抵抗9 kΩ/V） | 最大目盛値の±4 %以内 |
| 直流電流（DCA） | 60 μ/3 m/30 m/0.3 A（端子間電圧降下0.3 V（注）ヒューズの抵抗を含まず）<br>（5 kΩ/100.5 Ω/10.5 Ω/1.5 Ω）（内部抵抗）<br>（注）ヒューズの抵抗を含む | 最大目盛値の±3 %以内 |
| 抵　　抗（Ω） | ×1/×10/×1 k<br>（20 Ω/200 Ω/20 kΩ）（中央目盛値） | 目盛長さの±3 %以内 |
| バッテリチェック | 単１～単４形乾電池（負荷抵抗20 Ω） | ――― |

注）許容差保証条件

- 温度：23±2 ℃
- 湿度：45 ～ 75 %
- 姿勢：水平（±5°）
- 交流レンジは正弦波（50 Hzまたは60 Hz）

# II　テスタ(回路計)の基礎知識

## 2－1　テスタとは

テスタ(サーキット・テスタ)はその名が示すとおり、回路点検用に非常に便利にできている測定器です。テストリードのさしかえやロータリースイッチの切り換えにより、電圧、電流、抵抗など広範囲の測定ができるような構造になっています。しかし、精密測定には回路構成上むきません。簡単にいえば医者の聴診器のようなものといえます。ただ聴診器と違う点は、通常見えない電気を、はっきりとメータで値として知らせてくれることです。一般の電気回路では特殊な場合を除き、精密な測定をする必要がないので、指示誤差(許容差)が比較的多いテスタでも十分に回路点検が可能です。

## 2－2　メータの原理

メータは電気的量(電圧、電流、抵抗)を機械的量に変換する装置です。簡単に図2－2を使って説明しますと、永久磁石NSの磁界の中におかれたコイルに電流を流すと、フレミングの左手の法則、図2－3によりコイルはFおよびF′の方向に回転します。そして電流に正比例した角度に振れるように制御バネが働きますので、流した電流の量を回転角度で均等な目盛に表すことができます。このようなメータを可動コイル形メータといいます。

したがってメータは、永久磁石の強さとコイルの巻数と、制御バネの強さが重要な要素といえます。

また、可動コイルを支持する方式として、図2－1(a)はピボットと軸受を使用していますのでピボット支持方式といい、(b)のようにトートバンド(吊線)を使って支持するものを、トートバンド支持方式といいます。可動コイル形メータには、永久磁石が可動コイルの外側にある外部磁石式と、内側にある内部磁石式とがあります。内部磁石式メータは、磁気効率がよく、磁極片も不要ですから小形・軽量にでき、閉鎖リングの働きで外部磁界の影響を防止できます。外部磁石式メータは、大形磁石が使用でき、高感度メータに適します。

(a) ピボット支持方式　(b) トートバンド支持方式

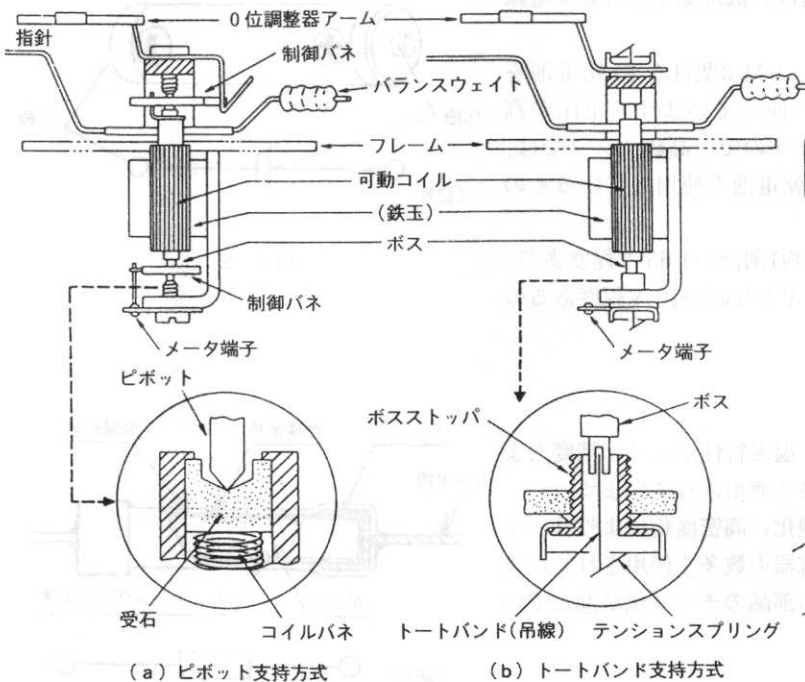



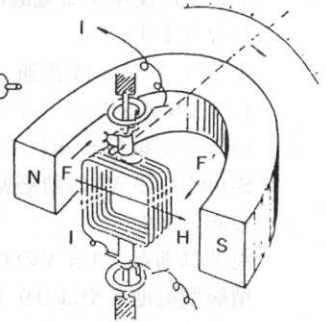
図2－1　メータの構造

可動コイル型メータの動作原理図

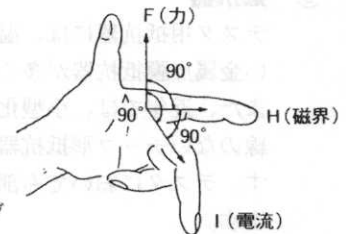
図2－2

フレミング左手の法則

図2－3

## 2－3　テスタの構造

テスタは基本的には電気量を指示するメータと、その目盛を拡大する抵抗器、交流を直流に変換する整流器(ダイオード)、抵抗測定用の電源としての電池から構成されています。

これに安全性を考慮した保護回路として、ダイオードやヒューズなどが回路部品として付加されています。

### ①　整流器(ダイオード)

交流は周期的に電流の方向が反転しますので、可動コイル型メータでは両方向の振れが打ち消しあって、ほとんど動作しません。この交流の1方向のみを通して直流に変換する役目が整流器です。

テスタに使用されている整流器は、逆耐電圧、周波数特性などのよい、シリコンダイオードが一般的に使用されています。また、本器ではAC 12 Vレンジが専用目盛となっています。

その理由は、倍率器と直列に接続されている整流器の抵抗値変化(電流の大きさにより変化する。)が低圧レンジでは倍率器の抵抗値が低いので大きく影響を受けてしまうためです。高圧レンジでは倍率器の抵抗値が大きいので、その変化を無視することができ、指示に影響がでないのです。

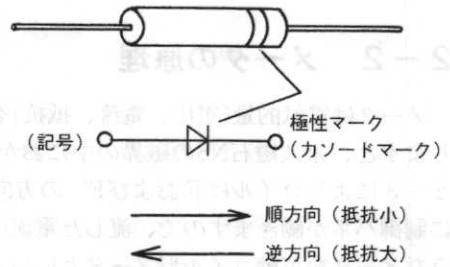



図2－4

### ②　電池(マンガン乾電池)

テスタに使用する電池は、抵抗測定に必要な電源となります。

小型テスタでは普通、UM-3型(1.5 V)乾電池を1～2本(1.5 V～3 V)使っています。電圧が高いほど高抵抗が測れますので、高級テスタでは、S-006P (9 V)の積層乾電池を使用しているものもあります。

電池は新品で1.5 Vの約1割高い1.65 V程度あり、積層型電池もやはり9 Vより高い10 V程度あるのが普通です。

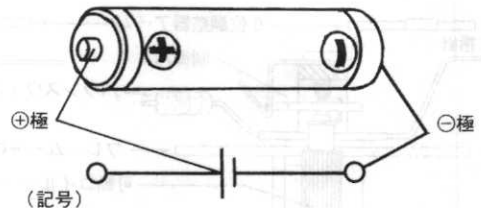



図2－5

### ③　抵抗器

テスタ用抵抗器には、温度特性がよく、精度もよい金属皮膜抵抗器が多く使用されています。

また、近年では、小型化、高密度化によりリード線のないチップ形抵抗器も数多く使用されています。テスタにおいても部品のチップ化が進んでいます。

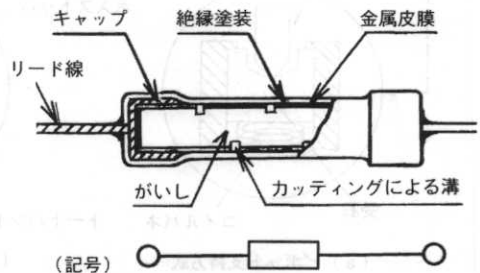
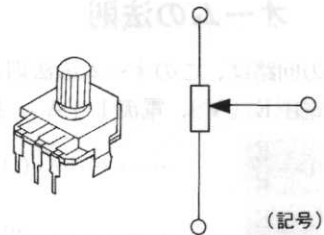



図2－6

④　**0Ω調整器**

0Ω調整器には、炭素型の可変抵抗器が使用されています。テスタの可変抵抗器の役目は、内蔵電池の電圧変化(消耗)を回路で補って、抵抗の測定誤差をできるだけ少なくするためです。

（記号）

図2－7

⑤　**コンデンサ**

テスタに使うコンデンサは、直流は通さないが交流は通すという特性を利用して、低周波出力を測定する場合に多く用いられます。また、本器の保護回路に入っているコンデンサは、高周波の影響を防止するためのバイパス用のコンデンサとして使用しています。

この他コンデンサには、電気を貯める特性もあり、抵抗器と共に、電気回路に広く利用されています。

（記号）

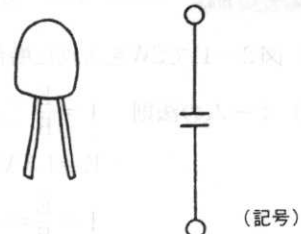



図2－8

⑥　**メータ保護ダイオード**

シリコンダイオードは常温で0.5～0.6 V程度から図2－9のように電流が大きく流れ出す特性をもっています。この特性を利用して、メータを保護するわけです。

テスタの通常の測定の状態ではダイオードに電流が流れないようになっています。(流れると誤差になってしまう)過負荷の場合は、メータ端子間の電圧があがり、それと並列のダイオードが導通状態となり、電流のほとんどがダイオードに流れてしまい、メータは破損しないで済みます。

順方向電流（mA）

0　0.2　0.4　0.6　0.8　1.0

順方向電圧〔V〕

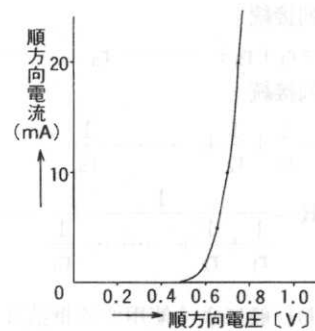



図2－9

⑦　**プリント基板**

プリント基板には、ベーク板、紙エポキシ板、ガラスエポキシ板等の種類があり、テスタには厚さ1.6 mmのベーク板が一般的に使用されています。(ディジタルマルチメータでは、ガラスエポキシ板が多く利用されています。)

テスタの場合、スイッチの接点を兼ねているため回路配線の簡略には相当効果があります。しかし、耐電圧やリーク電流(漏れ電流)といった問題が生じてきます。本器では基板にソルダレジスト(緑色)をかけ、必要な箇所には割りを入れてあり安心です。しかし、リーク防止のため汚れた手などで、プリント基板面を持たないように注意が必要です。

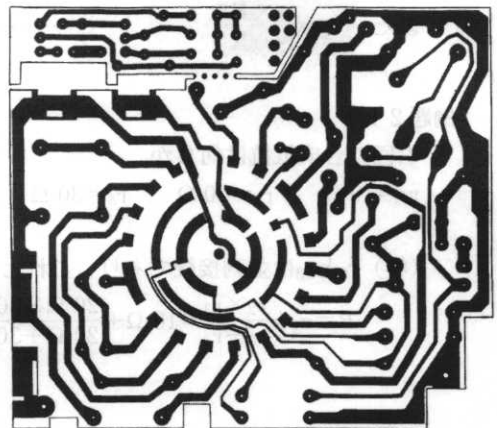



図2－10

## 2－4　オームの法則

テスタの回路は、このオームの法則と次の合成抵抗の求め方で、ある程度理解できます。すなわち電気量、電圧E〔V〕、電流I〔A〕、抵抗R〔Ω〕の関係は次の三つの式で表すことができます。

$$I=\frac{E}{R} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (1)$$

$$R=\frac{E}{I} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (2)$$

$$E=I \cdot R \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (3)$$

I：電流〔A〕
E：電圧〔V〕
R：抵抗〔Ω〕

図２－11

〔例題１〕図２－11でSWを入れた場合、電流は何A流れるか。

（答）オームの法則　$I=\frac{E}{R}$〔A〕より

$E=1.5\ V \quad R=10\ \Omega$　であるから

$$I=\frac{E}{R}=\frac{1.5\ V}{10\ \Omega}=0.15〔A〕$$

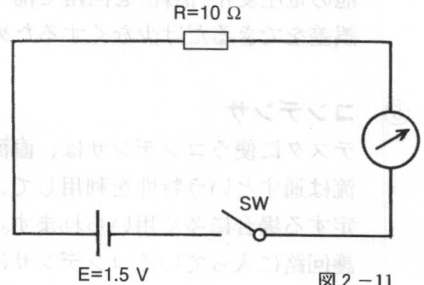
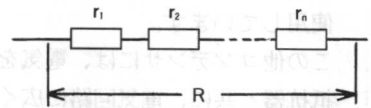



図２－12

## 2－5　合成抵抗の求め方

(a)　直列接続

$$R=r_1+r_2+ \cdots\cdots\cdots r_n \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4)$$

(b)　並列接続

$$\frac{1}{R}=\frac{1}{r_1}+\frac{1}{r_2}+ \cdots\cdots\cdots \frac{1}{r_n}$$

$$\therefore R=\frac{1}{\frac{1}{r_1}+\frac{1}{r_2}+ \cdots\cdots\cdots \frac{1}{r_n}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5)$$

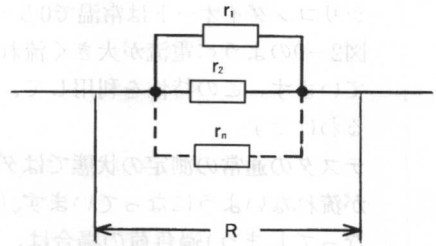



図２－13

なお一般によく使用する抵抗２本の接続は　$R=\frac{1}{\frac{1}{r_1}+\frac{1}{r_2}}$　を変形して

$$R=\frac{r_1 \times r_2}{r_1+r_2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (6)$$

また　$r_1=\frac{r_2 \times R}{r_2-R} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (7)$　と変形することもできます。

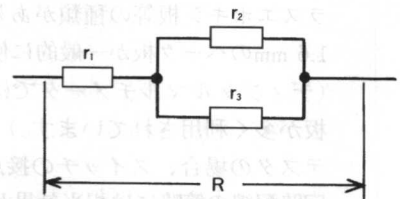
〔例題２〕

右図の合成抵抗は何Ωか。

$r_1=10\ \Omega \qquad r_2=20\ \Omega \qquad r_3=30\ \Omega$

図２－14

（答）$r_2$と$r_3$は並列接続であり、これと$r_1$は直列接続であるから(4)、(6)式より

$$R=r_1+\frac{r_2 \times r_3}{r_2+r_3}=10\ \Omega+\frac{20\ \Omega \times 30\ \Omega}{20\ \Omega+30\ \Omega}=10\ \Omega+12\ \Omega=22〔\Omega〕$$

## 2－6　補助単位

表示したり計算する場合、電圧〔V〕などの電気量が大き過ぎたり小さ過ぎると、取り扱いが大変なので補助単位が使われます。計算する場合、単位をそろえることが大切です。

また、指数表示(例 $4.1\times10^3$)を使うことも必要です。

| 補助単位 | M | k | m | μ | n | p |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 呼び方 | メグ | キロ | ミリ | マイクロ | ナノ | ピコ |
| 倍　数 | $10^6$ | $10^3$ | $10^{-3}$ | $10^{-6}$ | $10^{-9}$ | $10^{-12}$ |
| 例 | 1.8 MΩ<br>‖<br>1800 kΩ | 4.1 kΩ<br>‖<br>4100 Ω | 25 mA<br>‖<br>0.025 A | 50 μA<br>‖<br>0.05 mA | 200 nF<br>‖<br>0.2 μF | 1000 pF<br>‖<br>0.001 μF |

〔例題3〕200 μAは何Aか、また何mAか。

（答）μは表より$10^{-6}$であるから

$200\,\mu\text{A}=200\times10^{-6}〔\text{A}〕=2\times10^{2}\times10^{-6}〔\text{A}〕=2\times10^{-4}〔\text{A}〕=0.0002〔\text{A}〕$

μは$10^{-6}$, mAは$10^{-3}$その差が$10^{-3}$であるから

$200\,\mu\text{A}=200\times10^{-3}〔\text{mA}〕=2\times10^{2}\times10^{-3}〔\text{mA}〕=2\times10^{-1}〔\text{mA}〕=0.2〔\text{mA}〕$

〔例題4〕図2－15の回路で電池Eは何〔V〕か。

（答）合成抵抗Rは

$$R=5\text{ k}\Omega+\frac{20\text{ k}\Omega\times20\text{ k}\Omega}{20\text{ k}\Omega+20\text{ k}\Omega}=15\text{ k}\Omega$$

オームの法則より

$$E=I\cdot R=\underbrace{600\times10^{-6}\text{A}}_{〔\text{A}〕の単位}\times\underbrace{15\times10^{3}\ \Omega}_{〔\Omega〕の単位}=6\times10^{2}\times10^{-6}\times15\times10^{3}\ \text{V}=90\times10^{-1}\ \text{V}=9〔\text{V}〕$$

そろえて計算する。

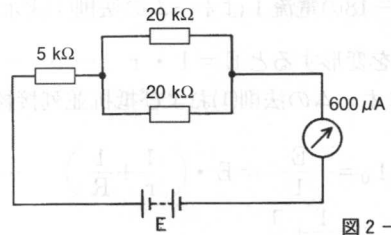



図2－15

## 2－7　倍率器(マルチプライヤ)

E：拡大前の電圧計　〔V〕

$E_0$：拡大後の電圧計　〔V〕

R：倍率器の抵抗　〔Ω〕

r：メータの内部抵抗　〔Ω〕
　（コイルの抵抗）

I：メータの電流感度　〔A〕

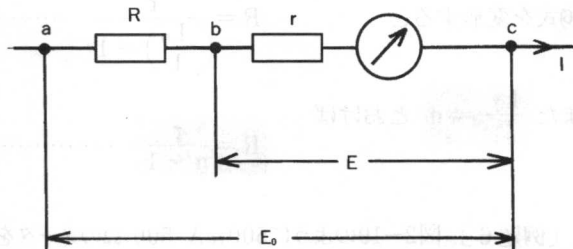



図2－16

図2－16でbc間はオームの法則(1)式より　$I=\dfrac{E}{r}$ ……………………… (8)

またac間はオームの法則(3)式より　$E_0=I\cdot(R+r)$ ……………… (9)

(8)式を(9)式に代入すると　$E_0=\dfrac{E}{r}\cdot(R+r)$ ……………… (10)

⑽式を変形すると　　$R=(E_0-E)\cdot\dfrac{r}{E}=(E_0-E)\cdot\Omega/V$ …………… ⑾

⑽式より　　$R=r\cdot\left(\dfrac{E_0}{E}-1\right)$ …………… ⑿

また $\dfrac{E_0}{E}=n$ とおけば（nは拡大率）　　$R=r\cdot(n-1)$ …………… ⒀

〔例題5〕 図2−17のように500 μA 500 Ωのメータを10 Vの電圧計にするには抵抗Rを何オームにすればよいか。

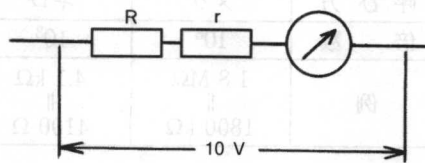



図2−17

（答）⒀式に代入すると

$$n=\frac{E_0}{E}=\frac{10\ \mathrm{V}}{(500\times10^{-6}\ \mathrm{A})\times500\ \Omega)}=40$$

$$R=r\cdot(n-1)=500\ \Omega\times(40-1)=19500\ [\Omega]=19.5\ \mathrm{k}\Omega$$

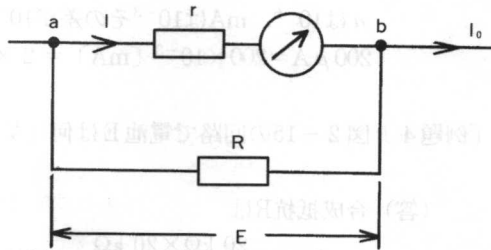
## 2−8　分流器（シャント）

図2−18の電流Iはオームの法則⑴式より $I=\dfrac{E}{r}$

これを変形すると $E=I\cdot r$ …………… ⒁

$I_0$はオームの法則⑴および抵抗並列接続⑸式より

図2−18

$$I_0=\frac{E}{\dfrac{1}{\dfrac{1}{r}+\dfrac{1}{R}}}=E\cdot\left(\frac{1}{r}+\frac{1}{R}\right) \quad \cdots\cdots ⒂$$

⒂式に⒁式を代入すると

$$I_0=I\cdot r\cdot\left(\frac{1}{r}+\frac{1}{R}\right)=I\cdot\left(1+\frac{r}{R}\right) \quad \cdots\cdots ⒃$$

$I$　：拡大前の電流計　〔A〕
$I_0$：拡大後の電流計　〔A〕
$R$　：分流器の抵抗　〔Ω〕
$r$　：メータ内部抵抗　〔Ω〕
　　（コイルの抵抗）
$E$　：電流を流すための電圧〔V〕

⒃式を変形すると　　$R=\dfrac{r}{\left(\dfrac{I_0}{I}\right)-1}$ ………… ⒄

また $\dfrac{I_0}{I}=n$ とおけば　　$R=\dfrac{r}{n-1}$ …………… ⒅

〔例題6〕 図2−19のように500 μA 500 Ωのメータを500 mAの電流計にするには、抵抗Rを何オームにすればよいか。

（答）⒅式に代入すると

$$n=\frac{I_0}{I}=\frac{500\times10^{-3}\ \mathrm{A}}{500\times10^{-6}\ \mathrm{A}}=1000$$

$$R=\frac{r}{n-1}=\frac{500\ \Omega}{1000-1}\fallingdotseq0.5\ [\Omega]$$

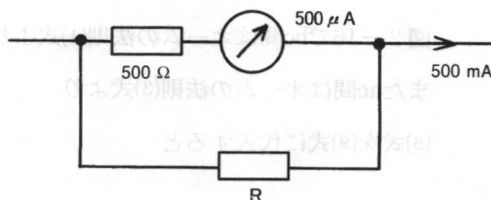



図2−19

## 2－9　整流回路

テスタは直流だけでなく、交流も測定できる構造になっています。そこで交流を直流に変える整流回路について簡単に説明します。

（a）半波整流　　　図２－20　　　（b）全波整流

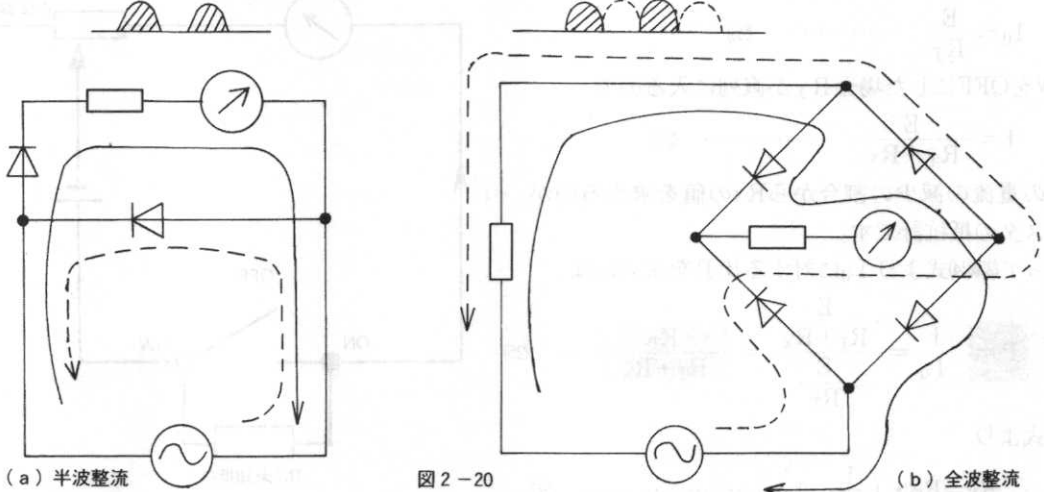



図２－20のように整流回路には大きく分けて２種類ありますが、一般的には(a)の半波整流回路が、テスタには多く使用されております。また、メータは測定電圧の平均値を指示しますので、図２－21(a)の交流をメータに加えた場合、20～30 Hz以上になるとほとんど振れません。そこで整流器（ダイオード）で整流することにより、図(b)のように平均値はIavとなりメータは振れます。このIavは入力電圧にほぼ正比例しますので交流を測定することができます。

なお交流の大きさは、一般的に平均値ではなく実効値で表すのが便利ですから、テスタの目盛は実効値になっております。正弦波交流の最大値、実効値の関係は、次のようになります。

図２－21

図２－22

$$平均値=\frac{2\cdot(最大値)}{\pi} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (19)$$

$$実効値=\frac{(最大値)}{\sqrt{2}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (20)$$

$$実効値=\frac{\pi\cdot(平均値)}{2\sqrt{2}} \fallingdotseq 1.11\cdot(平均値) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (21)$$

$$平均値=\frac{2\sqrt{2}\cdot(実効値)}{\pi} \fallingdotseq 0.9\cdot(実効値) \quad \cdots\cdots (22)$$

また、正弦波交流電流Ｉを半波整流したときに得られる直流電流Iavは、

(19)式と(20)式の変形により　$Iav=\frac{2\times(\sqrt{2}\times\frac{1}{2}I)}{\pi}=\frac{\sqrt{2}}{\pi}I=0.45I$

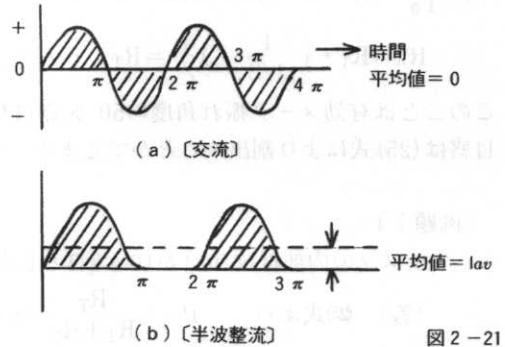
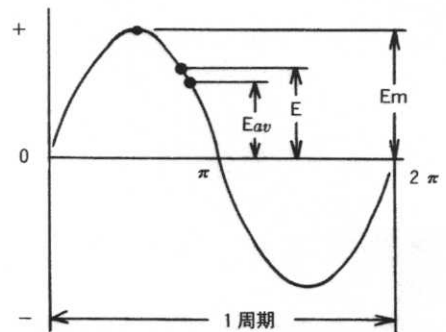
の関係にある。　$(I=\frac{1}{0.45}Iav=2.22Iav)$

## 2－10　抵抗計の原理

図2－23

図2－23においてSWをONにした場合、回路に流れる電流を$I_0$とすれば

$$I_0=\frac{E}{R_T} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (23)$$

SWをOFFにした場合$R_X$が直列に入るので

$$I=\frac{E}{R_T+R_X} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (24)$$

この電流の減少の割合からRxの値を求めるのがテスタの抵抗計です。

従って(23)(24)式より$I_0$に対する比Pを求めれば

$$P=\frac{I}{I_0}=\frac{\frac{E}{R_T+R_X}}{\frac{E}{R_T}}=\frac{R_T}{R_T+R_X} \quad \cdots (25)$$

(25)式より

$$R_X=R_T\cdot\left(\frac{1}{P}-1\right) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (26)$$

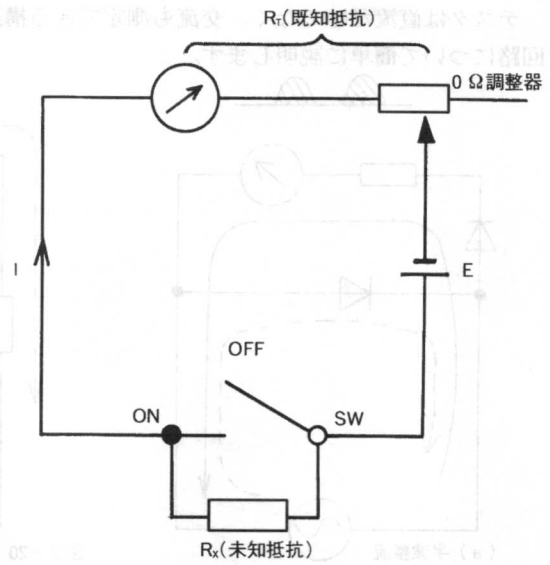
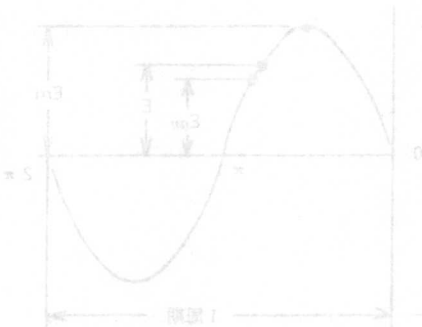
仮に$\frac{I}{I_0}$の比Pを1/2とすると(26)式より

$$Rx=R_T\cdot\left(\frac{1}{1/2}-1\right)=R_T \quad \cdots\cdots\cdots (27)$$

このことは有効メータ振れ角度の50 %点(1/2)が、抵抗計の内部抵抗といえます。なお、テスタのΩ目盛は(25)式により割出すことができます。

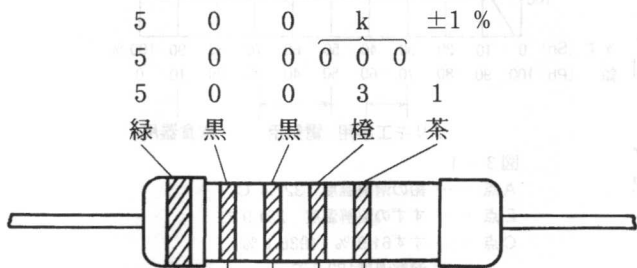
〔例題7〕

テスタの内部抵抗(RT)が10.4 kΩとした場合、5 kΩ点は有効メータ振れ角度の何%か。

(答)　(25)式より　$P=\frac{R_T}{R_T+R_X}\times 100=\frac{10.4\ k\Omega}{10.4\ k\Omega+5\ k\Omega}\times 100 \fallingdotseq 67.5(\%)$

## 2－11　カラーコード・定格記号について

抵抗やコンデンサの表示の方法には、一定の取り決めがあります。ここにカラーコードと記号を示します。カラーコードは主に抵抗器に、記号はコンデンサに使用されています。

### ①　精密抵抗の表示例

### ②　一般抵抗（民生用）の表示例

| 色 | 第1色帯 | 第2色帯 | 第3色帯 | 第4色帯 | 第5色帯 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 第1数字 | 第2数字 | 第3数字 | 乗　数 | 許 容 差 |
| 黒 | 0　（黒い礼服） | | | $10^0$ | |
| 茶 | 1　（茶を一杯） | | | $10^1$ | ±1 % |
| 赤 | 2　（赤いニンジン） | | | $10^2$ | ±2 % |
| 橙 | 3　（第三者） | | | $10^3$ | |
| 黄 | 4　（四季の歌） | | | $10^4$ | |
| 緑 | 5　（みどりご） | | | $10^5$ | |
| 青 | 6　（ろくでなしの青二才） | | | $10^6$ | |
| 紫 | 7　（紫式部） | | | $10^7$ | |
| 灰 | 8　（ハイヤー） | | | $10^8$ | |
| 白 | 9　（ホワイトクリスマス） | | | $10^9$ | |
| 金 | | | | $10^{-1}$ | ±5 % |
| 銀 | | | | $10^{-2}$ | ±10 % |

色と数字の覚え方←　　図2－24

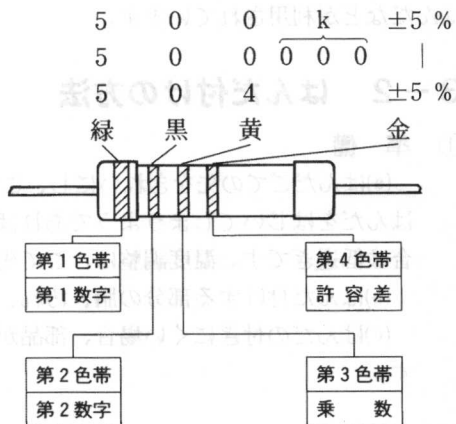



図2－25

許容差記号

| B：±0.1 % | C：±0.25 % | D：±0.5 % | F：±1 % |
|---|---|---|---|
| G：±2 % | J：±5 % | K：±10 % | M：±20 % |

### ③　コンデンサの表示例

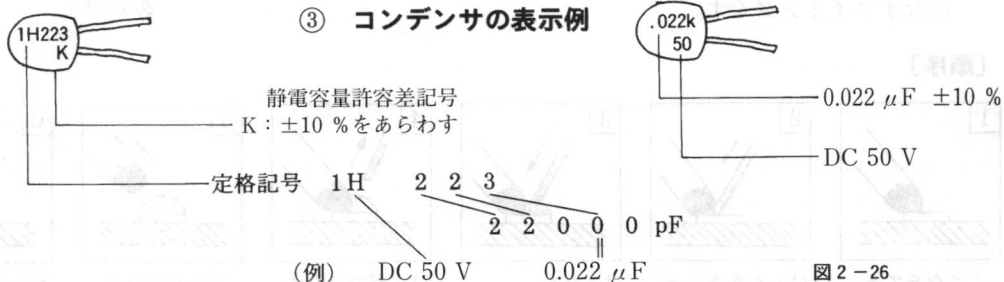



図2－26

定格電圧記号

| 0 J：6.3 V | 1 C：16 V | 1 E：25 V | 1 H：50 V | 2 A：100 V | 2 D：200 V |
|---|---|---|---|---|---|

# III　テスタの組立

## 3－1　はんだの特性について

図３－１
A点 …… 鉛の溶解温度　327.4 ℃
E点 …… すずの溶解温度　231.9 ℃
C点 …… すず61.9 %　鉛38.1 %
溶解温度183.3 ℃
F点 …… すず・鉛　50 %／50 %
溶解温度215 ℃

すずー鉛の状態図より、C点付近が熱に弱い電子部品のはんだ付けに有利です。このC点を共昌点といい、すず62～63 %鉛37～38 %のはんだを共昌はんだと呼びます。

一般の電気用には60 %／40 %のはんだが使用されているが半流動体の部分があるため、(215 ℃－183.3 ℃＝31.7 ℃)固まるまで時間がかかります。

従って**はんだ付けした直後、絶対に動かしてはいけない理由はここにあります。**この他にブリキ用とか食品衛生上鉛の成分の少ないはんだなどが利用されています。

## 3－2　はんだ付けの方法

### ①　準　備

(a)はんだごての先をきれいにし、こて先温度が適当であるか判断します。判断の方法としては、はんだをはじいてしまうようであれば高過ぎ、はんだの溶け方が遅く、つやが出ない仕上りの場合は低過ぎです。温度調整は、こて先の長さを変えて調節します。

(b)はんだ付けする部分の脂、汚れ、サビは取り除きます。

(c)はんだの付きにくい場合、部品が取り付けづらい場合には、予備はんだをするとよく付きます。

### ②　やに入りはんだの使用方法

やに入りはんだの一般的な使用方法はきき手にはんだこてを持ち、他方の手にははんだを持ちます。図３－２の1～6のようにはんだ付けする部分をこてで予熱し、次にはんだをこてと予熱した部分の境付近に送り込みます。必要量のはんだが流れたらはんだをはなし、はんだの流れを見定めてこてをはなします。ポイントは、はんだごてをはなすタイミングです。

図３－１

**〔順序〕**

こてをあてる。

はんだをあてる。

はんだを
3～4 mmとかす。

はんだをはなす。

こてをはなす。

冷えるのを待つ。

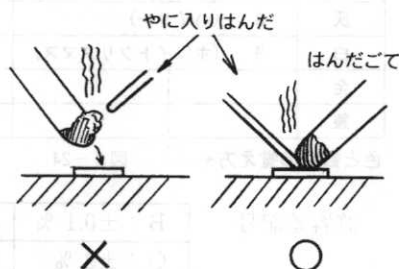
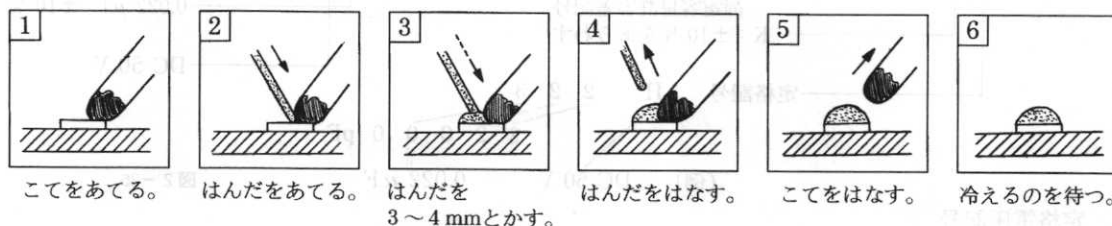



図３－２

## 3－3　はんだ付けの練習

KIT-8Dには、はんだ練習用小基板がついています。この基板のはんだ付け部分にはんだを流し込みはんだ付けの練習を行ってください。はんだ付け練習後は、この小基板を切り取ってください。

**ブザーキットご使用の場合は、この部分は使用しないでください。(図の向き、右側穴のあいていない部分をご使用ください。)**

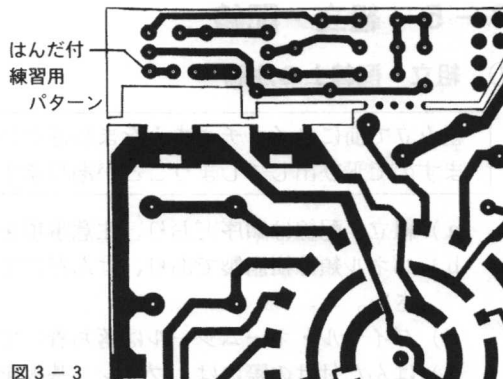



図3－3

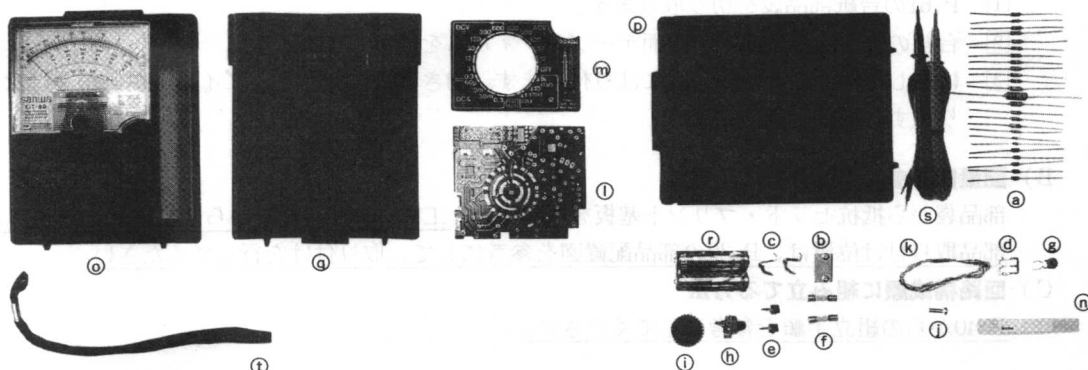
## 3－4　組立準備

### ①　必要な工具

| チェック | 名　称 | 備　考 | チェック | 名　称 | 備　考 |
|---|---|---|---|---|---|
| | はんだこて | 20～30 W | | ＋ねじ回し | (中型) |
| | ピンセット | どちらかあれば良い(小型) | | 平ヤスリ | こて先整備用 |
| | ラジオペンチ | | | はさみ | 必要に応じて用意してください。 |
| | ニッパ | (小型) | | | |

### ②　部品の確認

箱から部品を出し、部品表と照らし合わせて確認してください。

| チェック | 記号 | 品　名 | 数量 | チェック | 記号 | 品　名 | 数量 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | a | 抵抗・ダイオード一式 | 1 | | l | プリント基板 | 1 |
| | b | 電池端子 | 1 | | m | ダイヤルプレート | 1 |
| | c | 電池金具 | 2 | | n | ネームシール | 1 |
| | d | スイッチブラシ | 1 | | o | パネル(メータ、レンジ切り換えつまみ取付済) | 1 |
| | e | ヒューズ金具 | 2 | | p | ケース | 1 |
| | f | ミニヒューズ0.5 A/250 V | 2 | | q | 保護カバー | 1 |
| | g | コンデンサ 0.022 μF | 1 | | r | 単三乾電池(UM-3) | 2 |
| | h | 0 Ω調整器　10 kΩ | 1 | | s | テストリード(赤・黒) | 1組 |
| | i | 0 Ω調整器用つまみ | 1 | | t | ハンドストラップ | 1 |
| | j | ケース止めねじ | 1 | | | チェック用抵抗　100 Ω | 1 |
| | k | はんだ | 1 | | | 〃　22 kΩ | 1 |

## 3－5　組立・配線

### ①　組立・配線上の注意

| 組み立て前にスイッチつまみをまわさないでください。中にボール、スプリングが入れてありますので飛び出してしまうことがあります。 |
|---|

a）組立、配線は順序どおり、注意事項をよく読んで進めてください。
b）パネル類は樹脂製であり、はんだごてを直接触れると、溶けて変形しますので注意してください。
c）ダイヤル・ネームシールは落ち着いて位置をよく確認してはってください。
d）はんだ付けの際には、プリント基板を熱しすぎないよう、手早く行ってください。

### ②　プリント基板の配線・組立

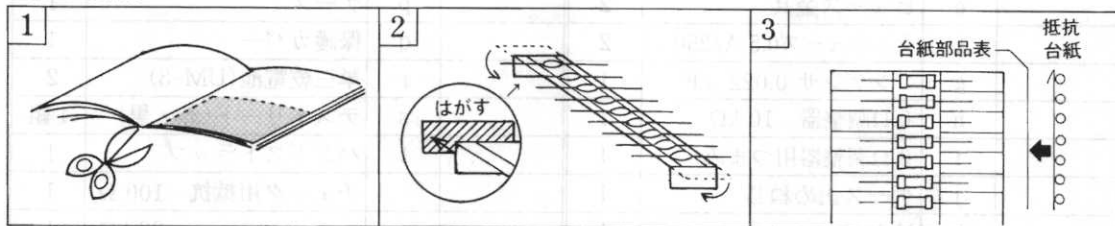
**②－1　配線・組立方法**

本器では、以下の方法にて組立を行うことが可能です。ご希望に応じて組立方法を選択してください。

A）部品表順に組み立てる方法
早く組み立てたい場合に有利です。
B）配置図を参考に組み立てる方法
抵抗器のカラーコードの読み取りなどの学習に役立ちます。
C）回路構成順に組み立てる方法
テスタの回路を理解しながら組み立てられます。

**A）部品表順に組み立てる方法**

抵抗台紙を加工します。加工手順は以下のとおりです。この加工が済みましたら工程②－2へ進んでください。

**〈加工手順〉**

1　P.61の台紙部品表を切り取ります。
2　台紙の上下を折り曲げ、両面テープのフィルムをはがします。
3　はがした部分を台紙部品表にはり付けます。向きは抵抗側が上、ダイオード側が下になります。（抵抗台紙の完成。）

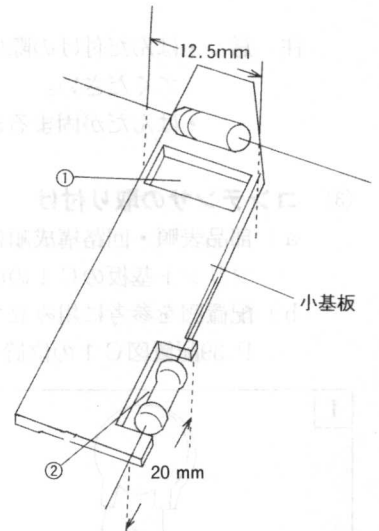
**B）配置図を参考に組み立てる方法**

部品袋から抵抗セット・プリント基板を取り出し、工程②－2の作業からはじめてください。部品取り付け位置は、P.39の部品配置図を参考にして、取り付けを行ってください。

**C）回路構成順に組み立てる方法**

P.40からの組立手順を参考にしてください。

## ②－2　部品の足曲げ加工

部品をプリント基板に取り付ける際、小基板を使って足曲げ加工をすると大変便利です。図３－５のように小基板の角穴に抵抗・ダイオードを入れ、上から親指で押さえ、片方の手で小基板の角にリードを押し付けるようにして直角に曲げます。これでプリント基板に合った部品の加工ができます。また、ピンセットやラジオペンチなどで加工しても結構です。

① …… 12.5 mm　R1～R12，R14～R18，D1～D7
② …… 20 mm　R13のみ

注）D1～D7は角穴が大きいので中心に置いて曲げてください。

図３－５

## ②－3　部品のはんだ付け

足曲げ加工した部品をプリント基板に差し、はんだ付けを行います。

> 部品を取り付ける際は、一つ一つ、加工→取り付け、加工→取り付け ……… の順序で行ってください。

※足を少し曲げるとはんだ付けが行いやすいです。

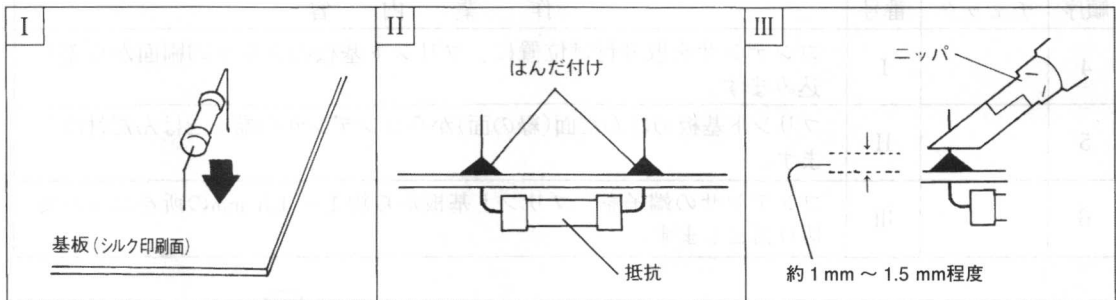
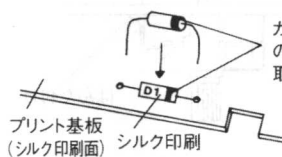



図３－６

| 順序 | チェック | 番号 | 作　業　内　容 |
|---|---|---|---|
| 1 | | I | ②－2の方法に従って加工した部分を、基板の裏側（シルク印刷面）から、所定の位置に差し込みます。（図３－６参照） |
| 2 | | II | プリント基板のはんだ面（緑色の面）にはんだ付けをして、部品を取り付けます。はんだのもりすぎに注意してください。 |
| 3 | | III | 部品のリードのあまった部分をニッパで切り取ります。すべての部品が付け終わるまでⅠ～Ⅲの工程を繰り返し行ってください。 |

ダイオードの取り付け（D1の例）

### 注意：ダイオードの極性

ダイオードには極性があります。プリント基板のシルク印刷（白色の印刷）の向きに合わせて取り付けてください。

注　意　・はんだ付けの際は、基板の熱しすぎ、はんだのもりすぎに注意してはんだ付けを行ってください。
・はんだが固まるまで部品を動かさないでください。

## ③　コンデンサの取り付け

a）部品表順・回路構成順に組み立てる場合
プリント基板のＣ１の所へ部品を差し込み取り付けます。
b）配置図を参考に組み立てる場合
P.39配置図Ｃ１の位置を見つけ、プリント基板に差し込み取り付けます。

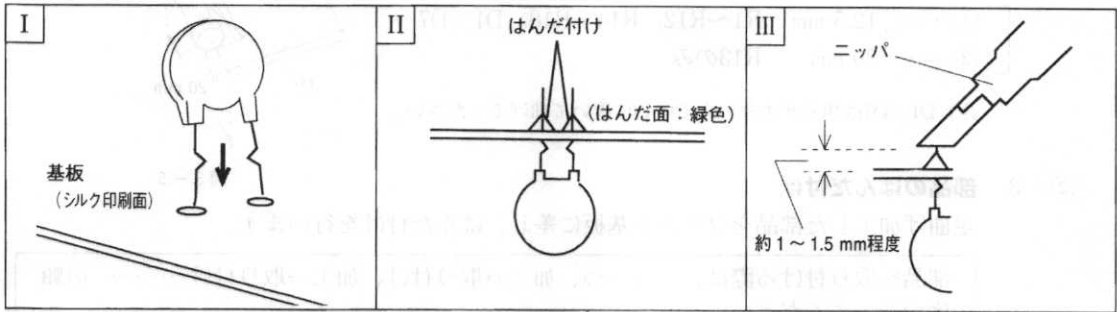



図３－７

| 順序 | チェック | 番号 | 作　業　内　容 |
|---|---|---|---|
| 4 | | I | コンデンサを取り付け位置に、プリント基板のシルク印刷面から差し込みます。 |
| 5 | | II | プリント基板のはんだ面(緑の面)からコンデンサの端子をはんだ付けします。 |
| 6 | | III | コンデンサの端子を、プリント基板から約１～1.5 mmの所をニッパで切り落とします。 |

## ④　０Ω調整器の取り付け

| 順序 | チェック | 作　業　内　容 |
|---|---|---|
| 7 | | ０Ω調整器をプリント基板はんだ面(緑色の面)より差し込んではんだ付けを行います。(図３－８参照)<br>取り付け後は図３－９のようになります。<br>(抵抗等の部品と反対の面になる。) |

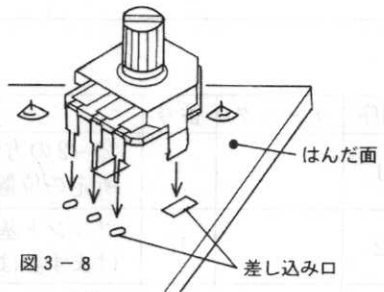



図３－８

注　意　・０Ω調整器は傾かないように取り付けてください。はんだ付けの前に１度確認してください。
傾いたままですと０Ω調整器がパネルの穴にすれて、スムーズに回転しません。

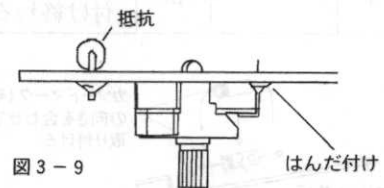
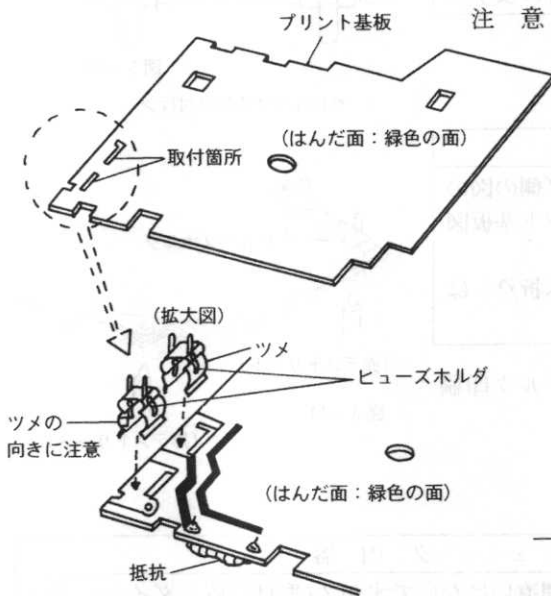



図３－９

## ⑤　ヒューズホルダの取り付け

| 順序 | チェック | 作　業　内　容 |
|---|---|---|
| 8 | | ヒューズホルダをプリント基板はんだ面(緑色の面)から差し込みはんだ付けをします。(図3－10参照) |

注　意　・ヒューズホルダはツメの方向に注意して、差し込んでください。
・ヒューズホルダをはんだ付けする時に、机の端を利用すると、作業が行い易いです。
(図3－11参照)

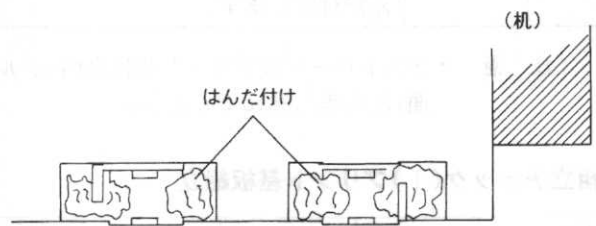



図3－10

図3－11

## ⑥　電池金具の取り付け

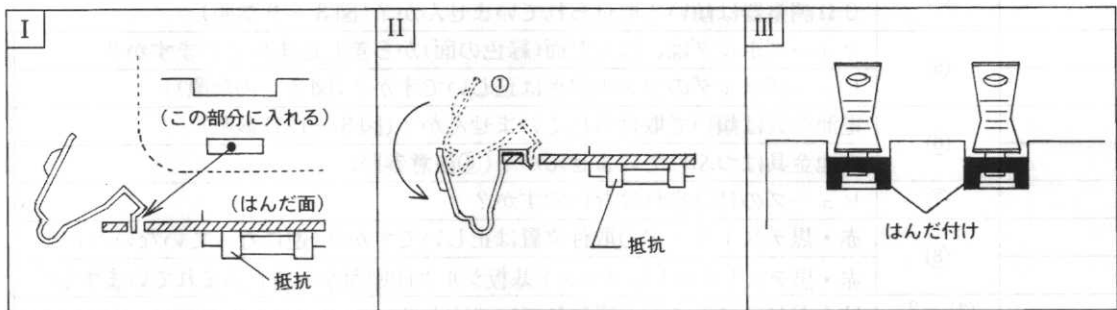



図3－12

| 順序 | チェック | 番号 | 作　業　内　容 |
|---|---|---|---|
| 9 | | I | プリント基板はんだ面(緑色の面)より、電池金具を差し込みます。取り付け位置は基板はんだ面より見て左上です。 |
| 10 | | II | ①の位置(点線)から図のように、電池金具がプリント基板に対してまっすぐなるようにします。 |
| 11 | | III | 図の位置でしっかりと、はんだ付けを行います。 |

注　意　・電池端子を差し込む方向を間違えないように注意してください。
・電池金具のひらいている部分がつぶれてしまった場合は、指で正しい形に直してください。つぶれたままですと電池を取り付けた際、うまく接触しない場合があります。

### ⑦　ヒューズの取り付け

| 順序 | チェック | 作　業　内　容 |
|---|---|---|
| 12 | | ヒューズを図のようにヒューズホルダへ取り付けます。（２本のヒューズのうち１本は予備ですので、後の工程で取り付けます。） |

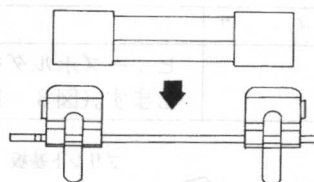



図３－13

<ヒューズの取り付け>

### ⑧　テストリードの取り付け

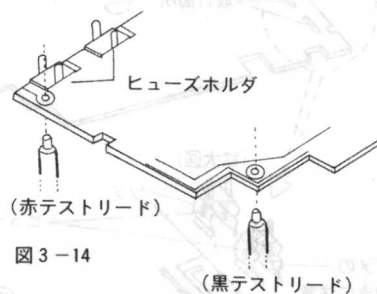
| 順序 | チェック | 作　業　内　容 |
|---|---|---|
| 13 | | 赤テストリードをヒューズホルダ側の図の位置に、黒テストリードをプリント基板図の位置の穴にとおします。<br>リードの心線をプリント基板側へ折り、はんだ付けします。 |

注　意　・テストリードはプリント基板裏面（シルク印刷面）から差し込んでください。

図３－14

### 組立チェック（Ⅰ）プリント基板組立

| 点検チェック | 該当項目 | チ　ェ　ッ　ク　内　容 |
|---|---|---|
| | ②－３ | 抵抗・ダイオード等の付け間違いはないですか？（取付位置、ダイオードの極性等） |
| | ④ | ０Ω調整器ははんだ面（緑色の面）から差し込まれていますか？ |
| | | ０Ω調整器は傾いて取付られていませんか？（図３－９参照） |
| | ⑤ | ヒューズホルダは、はんだ面（緑色の面）から差し込まれていますか？ |
| | | ヒューズホルダのツメの向きは正しいですか？（図３－10参照） |
| | ⑥ | 電池金具は傾いて取付られていませんか？（図３－12Ⅱ参照） |
| | | 電池金具はつぶれていませんか？（⑥注意参照） |
| | ⑦ | ヒューズの付け忘れはないですか？ |
| | ⑧ | 赤・黒テストリードの取付位置は正しいですか？（逆になっていないか） |
| | | 赤・黒テストリードはプリント基板シルク印刷面から差し込まれていますか？ |
| | ②－３<br>～<br>⑥，⑧ | はんだ付けはキチンと行われていますか？<br>また付け忘れはないですか？ |

点検チェックにて不都合がある場合は、各項目の組立を参照して修正してください。チェックが済みましたら次工程へ進んでください。以後の工程・チェックについても同様にして進めてください。

## ⑨ スイッチブラシの取り付け

| 順序 | チェック | 作　業　内　容 |
|---|---|---|
| 14 | | パネルに取り付けられているレンジ切り換えつまみに、スイッチブラシを取り付けます。 |

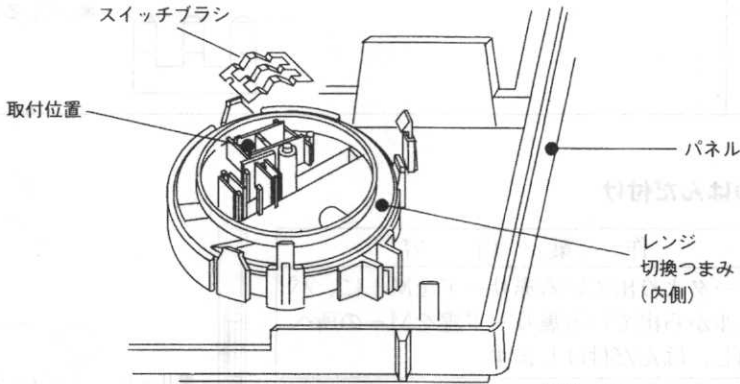



図3－15

| | |
|---|---|
| ① | まずレンジ切り換えつまみを回し、下図のようにⒶとⒷの位置が合うようにつまみを合わせます。 |
| ② | スイッチブラシの目印の向きを左上に向くようにします。 |
| ③ | レンジ切換つまみの突起左側へまずスイッチブラシを引っかけます。 |
| ④ | スイッチブラシの右側を指で押して取り付けます。 |

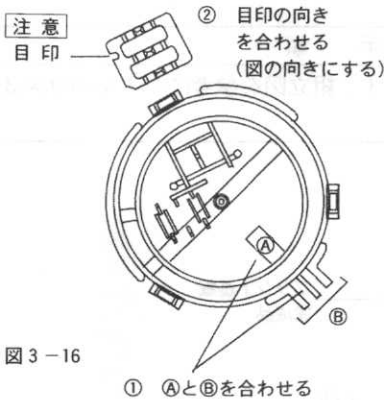



図3－16

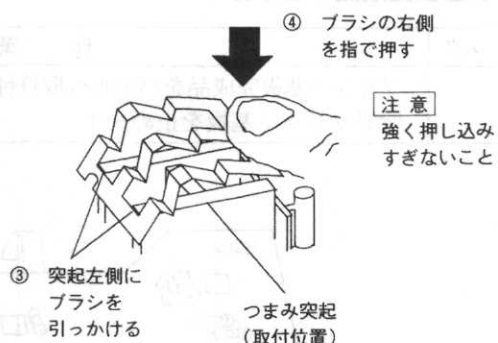



図3－17

注意
スイッチブラシをはめるとき、
接点部の所を真上から押し込ま
ないようにしてください。
スイッチブラシの変形の原因に
なります。

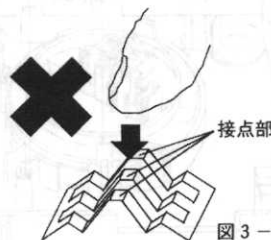
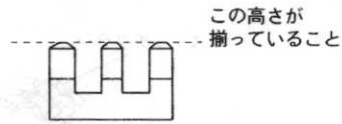



図3－18

## 組立チェック(II)スイッチブラシの取付

| 点検チェック | 該当項目 | チ ェ ッ ク 内 容 |
|---|---|---|
| | | スイッチブラシの目印の向きは正しいですか？(図3－16参照) |
| | ⑨ | スイッチブラシ接点部分の高さは揃っていますか？<br>(つぶれていたりしていないこと。)<br>この高さが揃っていること |

## ⑩ メータリードのはんだ付け

| 順序 | チェック | 作 業 内 容 |
|---|---|---|
| 15 | | メータより出ている赤リードをM＋に、パネルから出ている黒リード線をM－の所へ通し、はんだ付けします。 |

・リード線のはんだ付は、心線をプリント基板側(はんだ面)に折り曲げてから、はんだ付けしてください。

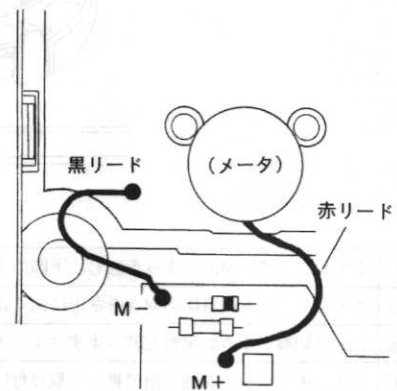



図3－19

## ⑪ プリント基板完成品の取り付け

| 順序 | チェック | 作 業 手 順 |
|---|---|---|
| 16 | | プリント基板完成品をパネルへ取り付けます。組立図を参考にパネルのツメ3ヶ所でプリント基板を止めます。 |

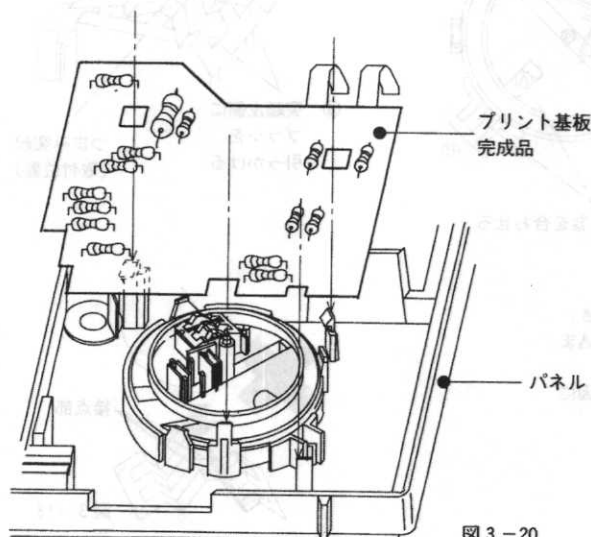



図3－20

| | |
|---|---|
| ① | パネルを下図の様に手に持ち、プリント基板完成品をパネルへ大体の位置合わせをして、軽く乗せておきます。<br>**注）パネルを必ず手に持って基板をはめること。** |
| ② | 下図のⒶの部分から最初に、図の矢印の方へツメを指で押します。 |
| ③ | ツメを押した状態のまま、もう片方の手で基板を押し込みます。 |
| ④ | Ⓑ、Ⓒと順番にそれぞれ図の矢印の方向へツメを指で押しながらⒶと同様に、一つずつツメをはめていきます。 |

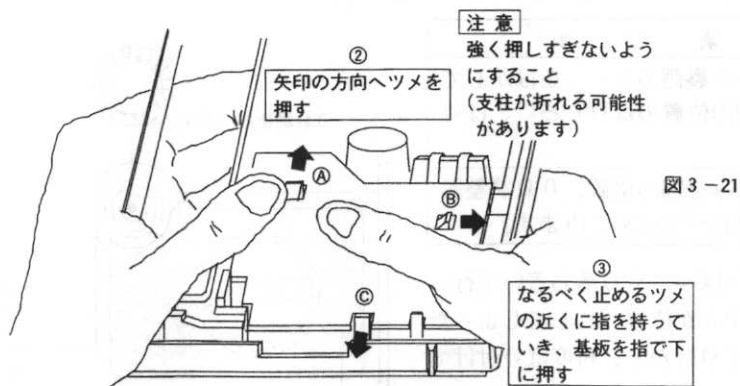



図3－21

図3－22

**注意**

図3－22のように、メータ部分を下にして、机等の上に置き、基板を一ぺんにはめようとしないでください。また、手に持って基板をはめる時、レンジ切り換えつまみを押さない様に注意してください。レンジ切り換えつまみがはずれる可能性があります。
万一、はずれた場合は、P.39のレンジ切り換えつまみ取付方法を参照し、取り付けてください。

## ⑫ テストリードの処理

Ⅰ 黒テストリード 赤テストリード

Ⅱ 赤テストリード 黒テストリード ここからの長さを同じにする。

Ⅲ 黒テストリード 赤テストリード

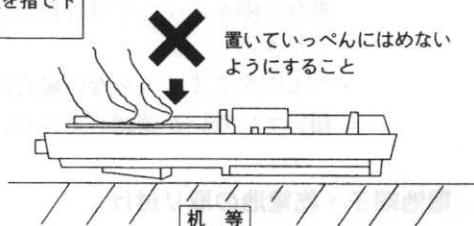
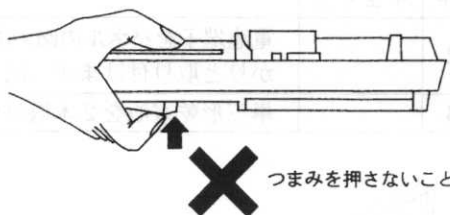
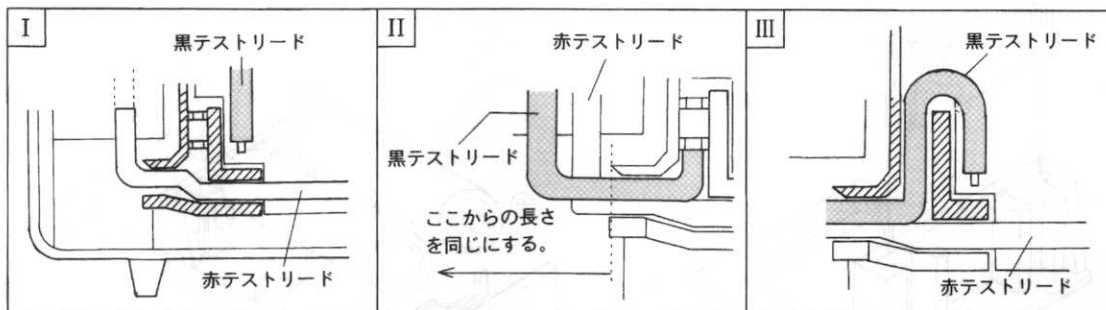



図3－23

| 順序 | チェック | 番号 | 作　業　内　容 |
|---|---|---|---|
| 17 | | Ⅰ | まず、赤テストリードを、向かって左側へまっすぐのばし、図の斜線部分のパネルの溝へ赤リードを押し込みます。 |
| 18 | | Ⅱ | リードの押さえ部分の出口からの長さが赤と同じになるように、黒リードの長さを調整し、出口部分で１度押さえておきます。 |
| 19 | | Ⅲ | 図の斜線部分の溝に黒リードをしっかり押し込みます。 |

注　意　・リードの長さを調整するときは、リードの押さえ部分出口からの長さを、赤黒同じ長さになるように調整してください。
・リードを取り付けた後は、軽く引っ張って抜けないことを確認してください。

## ⑬　ダイヤルプレート・0Ω調整器つまみの取り付け

| 順序 | チェック | 作　業　手　順 |
|---|---|---|
| 20 | | ダイヤルプレート裏側のシートをはがしてから、パネル図の位置のはりしろに、はり付けます。 |
| 21 | | 0Ω調整器つまみを図の位置、0Ω調整器のシャフトに合わせてはめこみます。 |

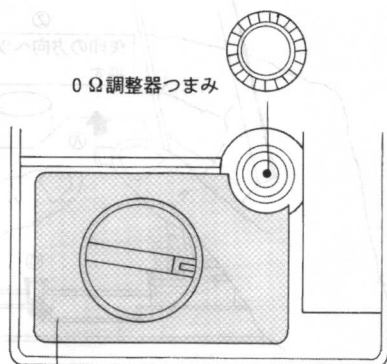
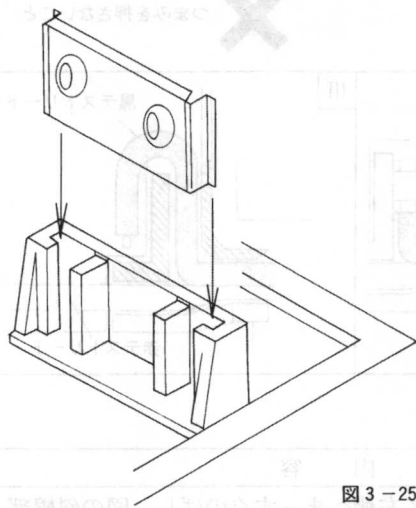
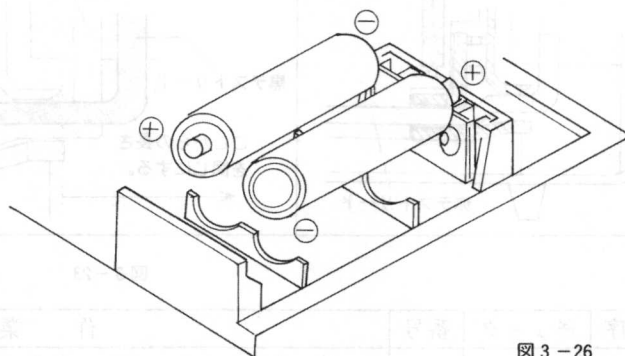



図３－24

注　意　・ダイヤルをはる際にはゆっくり落ち着いて行ってください。ダイヤルが位置づれしてしまった場合は隅からゆっくりはがし、再度はり付けてください。
・つまみがうまく入らない場合は、0Ω調整器が傾いていないか確認してください。

## ⑭　電池端子・乾電池の取り付け

| 順序 | チェック | 作　業　手　順 |
|---|---|---|
| 22 | | 電池端子をパネルの図の位置に取り付けます。電池端子の上下に注意して、しっかりと取り付けます。(図３－25) |
| 23 | | 単三形乾電池を２本取り付けます。電池の極性に注意してください。(図3－26) |

図３－25　　図３－26

〈電池端子の取り付け〉　　〈乾電池の取り付け〉

### ⑮　予備ヒューズの取り付け

| 順序 | チェック | 作　業　内　容 |
|---|---|---|
| 24 | | パネルの予備ヒューズ入れに、予備ヒューズを差し込みます。 |

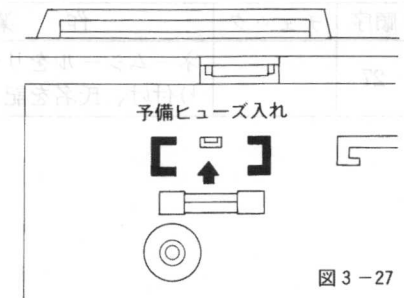



図３－27

### 組立チェック(Ⅲ)パネル組立

| 点検チェック | 該当項目 | チ　ェ　ッ　ク　内　容 |
|---|---|---|
| | ⑩ | メータリード線はM＋に赤、M－に黒が接続されていますか？ |
| | | メータリード線を軽く引っぱって抜けるようなことがないですか？ |
| | ⑪ | プリント基板はパネルのツメ３ヶ所できちんと止められていますか？ |
| | | プリント基板とパネルの間にテストリードが挟まれていませんか？ |
| | ⑫ | テストリードはパネル取付位置にしっかりとはめ込まれていますか？ |
| | ⑬ | ダイヤルプレートは、はりしろから大きくはみだして、はり付けられていませんか？ |
| | | ０Ω調整器つまみの付け忘れはないですか？ |
| | | ０Ω調整器つまみを回わし、スムーズに回転しますか？ |
| | ⑭ | 電池端子、電池の付け忘れはないですか？ |
| | | 電池の極性は正しいですか？ |
| | ⑮ | 予備ヒューズの付け忘れはないですか？ |

### ⑯　ハンドストラップ、リヤケースの取り付け

| 順序 | チェック | 作　業　内　容 |
|---|---|---|
| 25 | | ハンドストラップをパネル図の位置に取り付けます。(図３－28) |
| 26 | | リヤケースをパネル下部からはめ込み、パネルと合わせ、ケース止めねじを図の位置に挿入し、プラスねじ回しでしめます。(図３－29) |

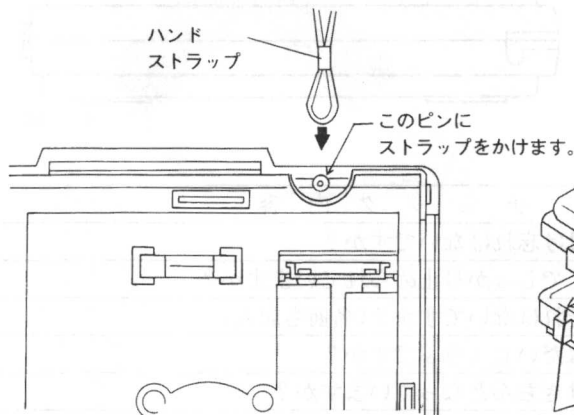



図３－28　ハンドストラップの取り付け

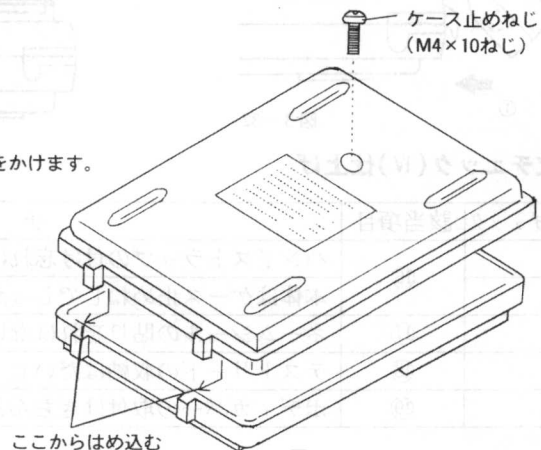



図３－29　リヤケースの取り付け

### ⑰ ネームシールのはり付け

| 順序 | チェック | 作　業　内　容 |
|---|---|---|
| 27 | | ネームシールをリヤケース、図の位置にはり付け、氏名を記入します。 |

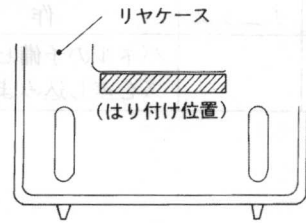



図３－30

### ⑱ テストリードの収納

| 順序 | チェック | 作　業　内　容 |
|---|---|---|
| 28 | | テストリードを本体、収納スペースに入れます。また、収納する際には、テストピン側を先に入れます。 |

注　意　・テストリードは束ねてありますので、収納するときは解いてください。

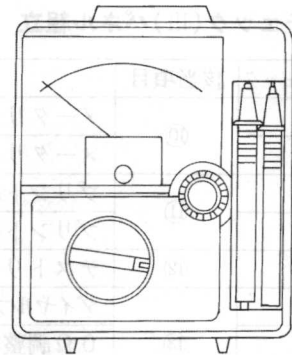



図３－31

### ⑲ 保護カバーの取り付け

| 順序 | チェック | 作　業　内　容 |
|---|---|---|
| 29 | | 図３－32のように、カバー内側の取り付けピンをミゾへ差し込み、矢印①の方向へスライドさせます。スライドさせた後矢印②の方向へとじます。また図３－33のように真上からはめ込みますと破損の恐れがありますのでしないでください。 |

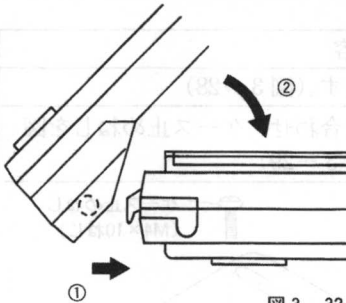



図３－32

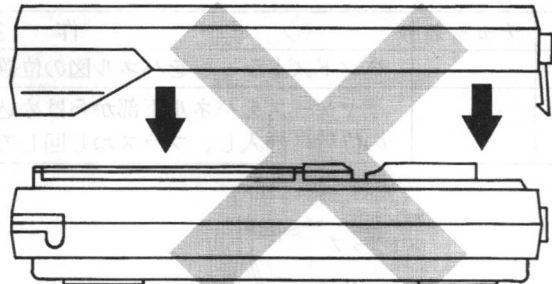



図３－33

### 組立チェック(Ⅳ)仕上げ

| 点検チェック | 該当項目 | チ　ェ　ッ　ク　内　容 |
|---|---|---|
| | ⑯ | ハンドストラップの付け忘れはないですか？ |
| | | 本体はケース止めねじでしっかり止められていますか？ |
| | ⑰ | ネームシールの貼り忘れはないですか？(名前も記入) |
| | ⑱ | テストリードの収納はだいじょうぶですか？ |
| | ⑲ | ボディカバーの取付はきちんとなっていますか？ |

以上で組立完成になります。

## 部品配置図

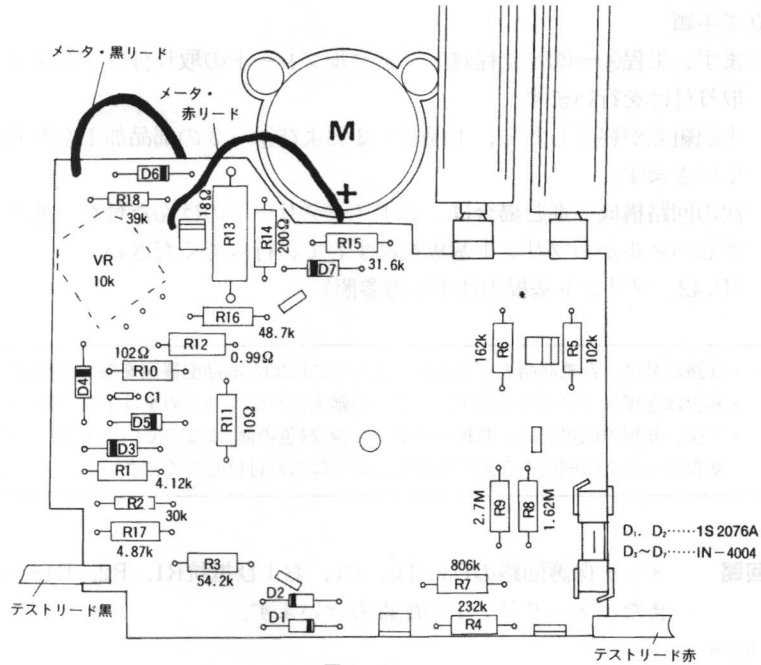



図３－34

## ●レンジ切り換えつまみ取付け方法

KIT-8Dではあらかじめパネルへレンジ切り換えつまみが組込まれています。

万一、組立中にレンジ切り換えつまみが外れてしまった場合は、下記手順にて組立てください。

### －取り付け手順－

① レンジ切り換えつまみ横の穴へコイルスプリングを入れます。(図１)

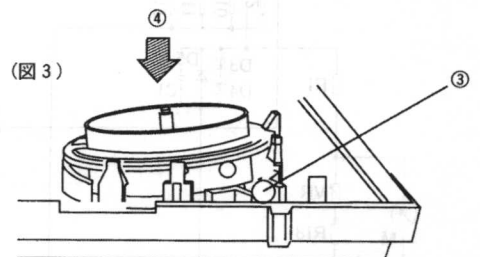
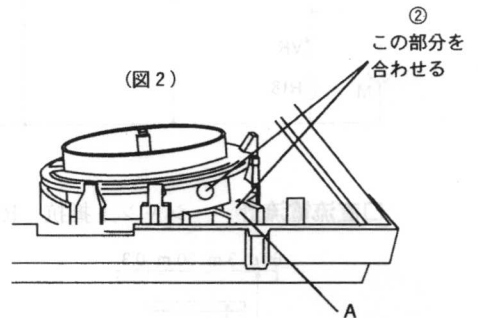
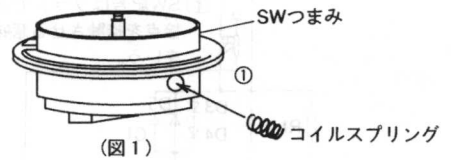
② レンジ切り換えつまみをパネル取り付け位置に軽く乗せ、スプリングを入れた穴と図のＡの部分が合うようにレンジ切り換えつまみの位置を合わせます。(図２)

③ Ａの部分にスチルボールを置きます。(図３)

④ そのまま上から押し込みます。(図３)

(図１)

(図２)

(図３)

C）**回路構成順に組み立てる方法**

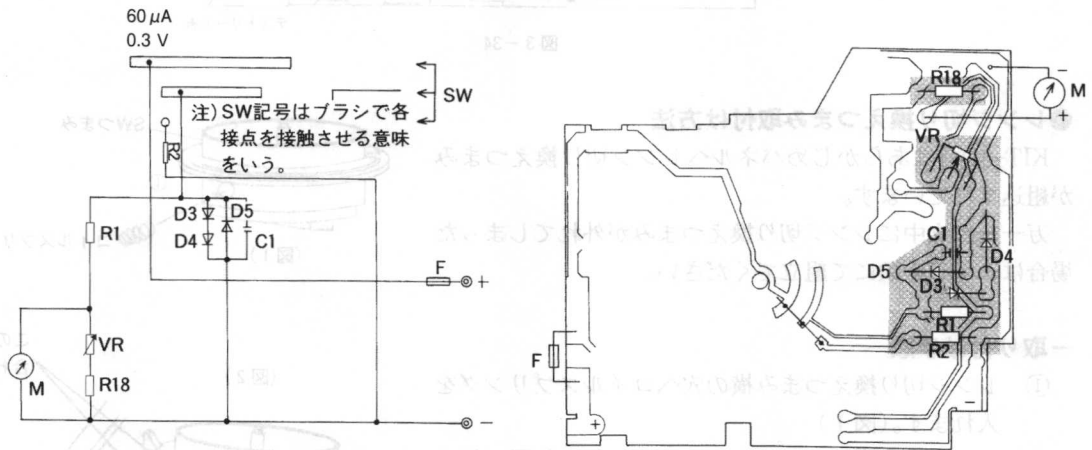
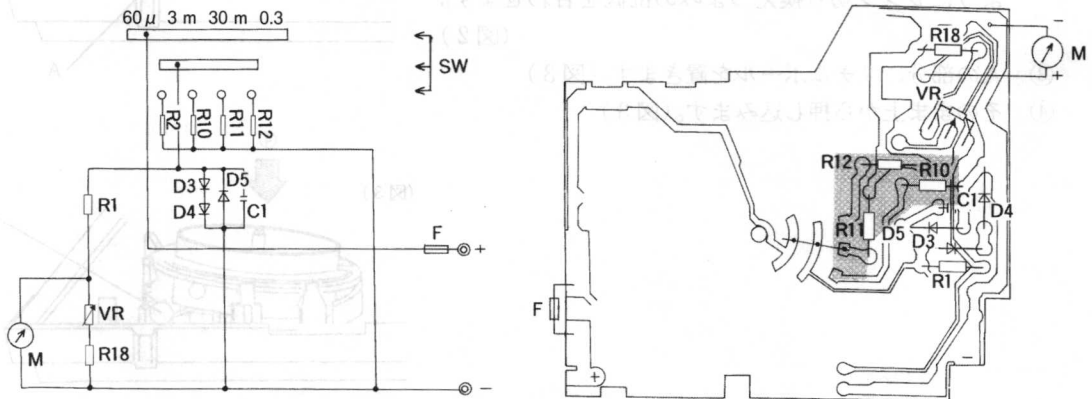
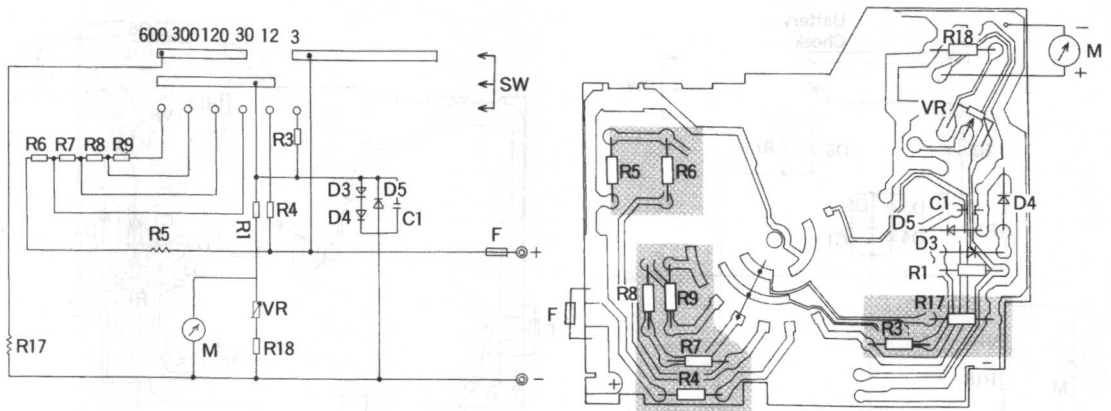
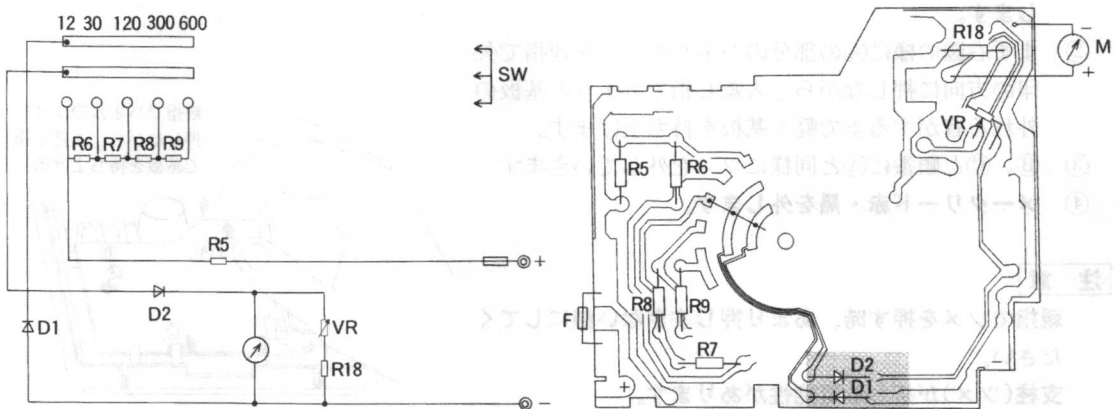
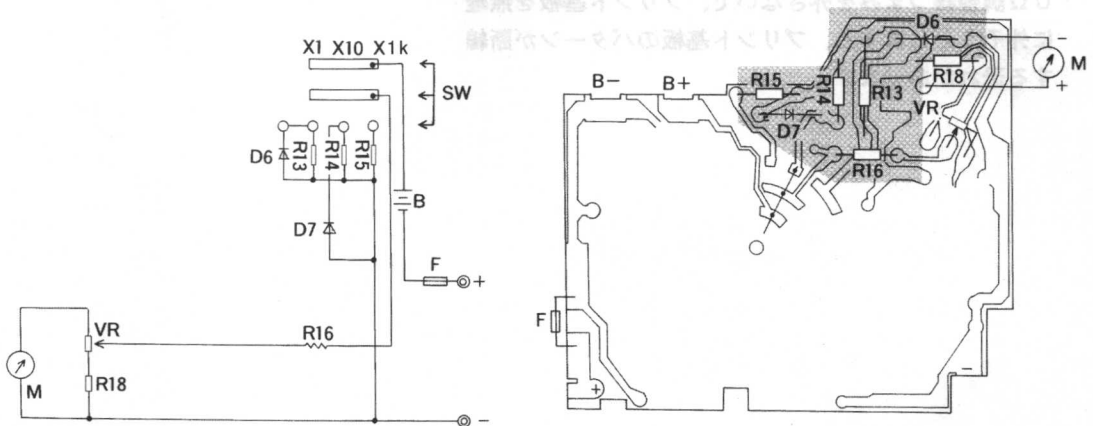
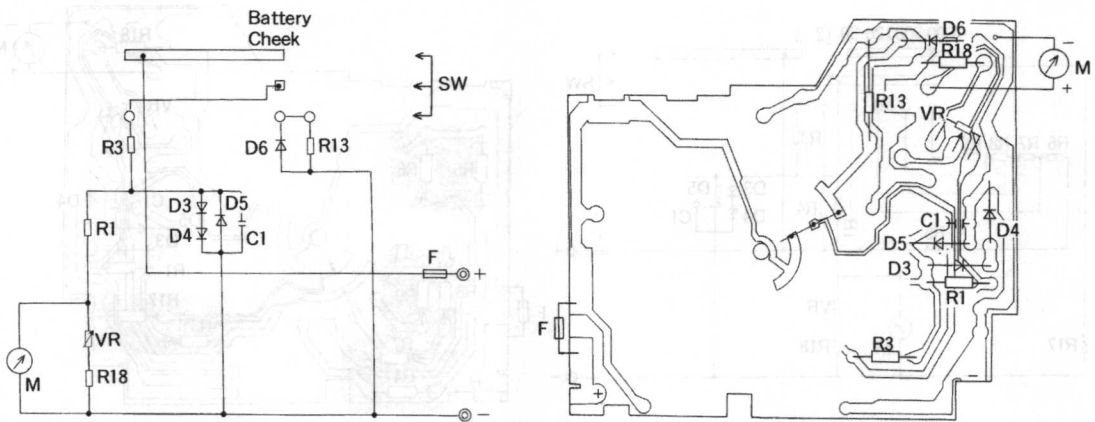
組み立て手順

1）まず、工程④～⑨と工程⑬・ダイヤルプレートの取り付け、および工程⑭電池端子の取り付けを行います。

2）上記組立が終了したら、工程②－2および②－3の部品加工を参考に部品を取り付けていきます。

3）次の回路構成へ進む場合は、必ずメータリードのはんだ付を一度プリント基板からはずしパネルからプリント基板をはずして、行ってください。
(P.42、プリント基板のはずし方参照)

注）・回路部品は、台紙部品表にはるか、はらずにP.39の部品配置図を参考に配線しても結構です。
・基板は無理にはずそうとせず、一つ一つ確実にパネルのつめをはずして取ってください。
・下図、基板の配線図は、基板のパターン側(緑色の面)になっていますが、部品の取り付けは、基板のシルク印刷面から差して緑色の面ではんだ付けしてください。

**□メータ回路**　メータ保護回路のD3～D5，C1、および抵抗R1，R2，R18を取り付けます。また、メータリードの配線も行います。

**□直流電流計**　シャント抵抗　R10(3 mA)、R11(30 mA)、R12(0.3 A)を取り付けます。

□**直流電圧計**　R3(3 V)、R4(12 V)、R17を取り付け、交流電圧計の倍率器の共用のR5～R9を取り付けます。

□**交流電圧計**　交流電圧計の倍率器はDCVと共用のため取り付け済みです。整流用ダイオードD1、D2を取り付けます。

□**抵　抗　計**　直列抵抗R16と分流抵抗R13 (×1)、R14 (×10)、R15 (×1 k)を取り付け、回路保護用ダイオードD6、D7を取り付けます。

□**バッテリチェック**　バッテリチェック回路は、メータ回路にR3、R13を取り付けた回路です。すでに取り付け済ですから、配線は不要です。

## ●プリント基板の外し方

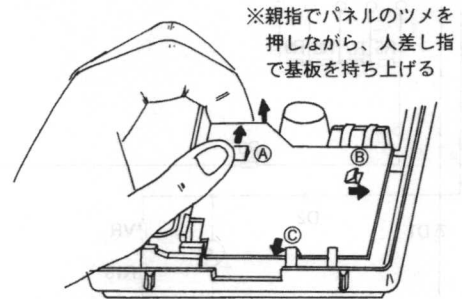
① **プリント基板を外す前に0Ω調整器つまみをまず外します。**

② まず右図の様にⒶの部分のパネルのツメを親指で矢印の方向に押しながら、人差し指でカチッと基板の外れる音がするまで軽く基板を持ち上げます。

③ Ⓑ、Ⓒと順番にⒶと同様にツメを外していきます。

④ **メータリード赤・黒を外します。**

**注　意**

- **親指でツメを押す時、あまり押しすぎない様にしてください。**
  **支柱(ツメ)が折れる可能性があります。**
- **人差し指で基板を持ち上げる時、いきおいよく基板を持ち上げますと、メータリード線等が断線してしまいますので注意してください。**
- **0Ω調整器つまみを外さないで、プリント基板を無理に外そうとしますと、プリント基板のパターンが断線する恐れがあります。**

# Ⅳ　動作試験と校正

## 4－1　簡易動作チェック

・本器の回路は調整の必要がありません。組み立て配線を行えば仕様のような許容差の範囲に仕上ります。したがって簡単な動作チェックだけで、正常なテスタとして使用できることになります。
・動作チェックに必要なものは抵抗100 Ωと22 kΩ、商用電源(100 V)、乾電池(ない場合は本器の電池を1本はずして使用します。)です。**(チェック用抵抗は部品袋の中に入っています。)**
・下記の手順にしたがってチェックを行います。□内には測定値を記入してください。または、✓印チェックを記入しても結構です。

### ①　測定準備

・メータの0位調整
回路計に電気を加えてないとき、メータの指針が正しく0(ゼロ)を指すように、ねじ回しでメータ0位調整器をまわして合わせます。

### ②　DCmAレンジのチェック(計算式中の(　)内の抵抗値は、各レンジの内部抵抗値です。)

(a) □ DC 60 μAレンジ　乾電池とチェック用抵抗22 kΩで指示を調べる。(約59 μA)

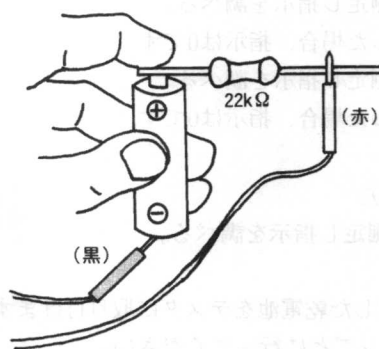



図4－1

※チェックを行う際には電池ボックス、ユニバーサル基板等を用いて、図4－1の回路をつくられますと、要易に測定が行えます。

$$I = \frac{\text{約}1.6\ \text{V}}{22\ \text{k}\Omega + (5\ \text{k}\Omega)} \fallingdotseq 59\ \mu\text{A}$$

(b) □ DC 3 mAレンジ　乾電池とチェック用抵抗22 kΩで指示を調べる。(約0.07 mA)

$$I = \frac{\text{約}1.6\ \text{V}}{22\ \text{k}\Omega + (100.5\ \Omega)} \fallingdotseq 0.07\ \text{mA}$$

(c) □ DC 30 mAレンジ　乾電池とチェック用抵抗100 Ωで指示を調べる。(約14.5 mA)

$$I = \frac{\text{約}1.6\ \text{V}}{100\ \text{k}\Omega + (10.5\ \Omega)} \fallingdotseq 14.5\ \text{mA}$$

(d) □ DC 0.3 Aレンジ　乾電池とチェック用抵抗100 Ωで指示を調べる。(約15.8 mA)

$$I = \frac{\text{約}1.6\ \text{V}}{100\ \text{k}\Omega + (1.5\ \Omega)} \fallingdotseq 15.8\ \text{mA}$$

③ **DCVレンジのチェック**(実測値(　)の値はテスタ付属の電池電圧)

(e) [　　] DC　3 Vレンジ　乾電池の電圧を測定し指示を調べる。　(約1.6 V)
(f) [　　] DC　12 Vレンジ　〃　(約1.6 V)
(g) [　　] DC　30 Vレンジ　〃　(約1.6 V)
(h) [　　] DC 120 Vレンジ　〃　(約1.6 V)
(i) [　　] DC 300 Vレンジ　〃　(指針が少し右に動く)

④ **交流電圧のチェック**

**⚠ 警　告**

1．商用電源(101±6 V)は必ずブレーカーの入っている電源を使用してください。
2．測定中はつばよりテストピン側を持たないでください。

(j) [　　] AC 120 Vレンジ　商用電源(100 V)測定し指示を調べる。　(約100 V)
(k) [　　] AC 300 Vレンジ　〃　(約100 V)
(l) [　　] AC 600 Vレンジ　〃　(約100 V)
(m) [　　] AC　30 Vレンジ　乾電池の電圧を測定し指示を調べる。　(約3.2 V)
　(注)極性を逆にした場合、指示は0です。
(n) [　　] AC　12 Vレンジ　乾電池の電圧を測定し指示を調べる。　(約3.2 V)
　(注)極性を逆にした場合、指示は0です。

⑤ **バッテリチェックレンジ**( [1.5 V] のチェック)

(o) [　　] [1.5 V] レンジ　乾電池の電圧を測定し指示を調べる。　(約1.5 V)

⑥ **抵抗レンジのチェック**(直流電圧・電流で利用した乾電池をテスタに取り付けます。)
　(注) 0 Ω調整を各レンジごとに行ってください。

(p) [　　] Ω×1 kレンジ　チェック用抵抗22 kΩを測定し指示を調べる。　(22 kΩ)
(q) [　　] Ω×10レンジ　〃　100 Ω　〃　(100 Ω)
(r) [　　] Ω×1レンジ　〃　(100 Ω)

以上のチェックで全レンジの良否の判定ができます。なお、DC 600 Vレンジのチェックは項目にありませんがAC 600 Vレンジのチェックで省略できます。

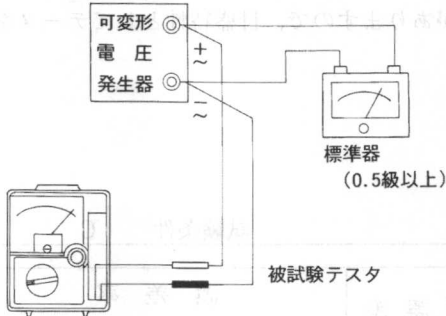
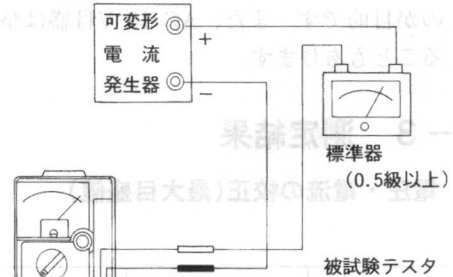
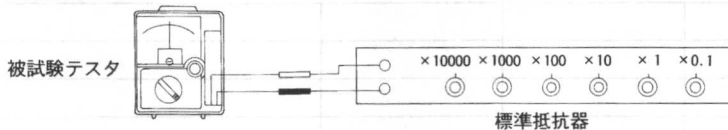
(注)　(m)、(n)のチェックはACVレンジでDCの電圧を測るわけで、これは測定ではなく指示チェックが目的ですから十分理解してください。

## 4－2　テスタの校正

組上ったテスタが、仕様通りの精度を満足しているかどうか校正します。これに合格すれば、使用する際、信頼性の高い測定を得ることができます。また万一仕様どおり仕上ってない場合は、指定の位置に正しい抵抗が付いているか確認し、交換するなど修正する必要があります。

### ①　校正方法

測定器の校正の方法は、被試験器の指示を校正目盛に合わせ、標準器の値を読むのが普通でテスタもこれにもれません。従って、これを誤差率(43頁参照)で表す場合、**Mがテスタの指示になり、Tが標準器の読みになります。**

なお、指示の合わせ方については、JIS-C-1102で定められていますが、テスタの場合、許容差が大きいので省略します。接続方法は下記のとおりです。

### ②　テスタの許容差

テスタの許容差は指示値に対する値ではなく、最大目盛値に対する値であり注意が必要です。例えば本器のDC 120 Vレンジでは最大目盛値の±3 %以内という許容差ですので

　　120 V（最大目盛値)×(±3 %)＝±3.6 V

となり±3.6 Vが許容差範囲となります。

この許容差範囲は目盛各点においても適用します。

また、抵抗レンジの許容差の目盛長の±3 %については、V・A目盛(V・A目盛で±約1.8目盛)に換算するとわかりやすくなります。なお、抵抗計のチェックは、普通50 %点(V･A目盛)で行います。

### ③　誤差について

誤差については、JIS-C-1002で「測定値、設定値または定格値と、測定または供給した量の真の値との違い。(誤差の大きさは、絶対誤差、誤差率または百分率誤差で表される。)」と規定されています。測定器には部品の精度など計器自体の誤差 $\varepsilon$ (error)があり、測定値M(measuredvalue)と真の値T(true value)には次の関係があります。

　　絶対誤差　$\varepsilon = M - T$

また絶対誤差が真の値に比べ、どれくらいかを示す誤差率$\varepsilon_0$は

誤差率　　$\varepsilon_0=\frac{\varepsilon}{T}\times100=\frac{M-T}{T}\times100$ (%)

例えば、AC 300 Vレンジで交流の100 Vを測定した場合、指示が105 Vであったとします。
仮に真の値がちょうど100 Vとすれば、誤差は

誤差率　　$\varepsilon_0=\frac{105-100}{100}\times100=5$ %です。

④ **校正項目**

テスタの校正は電圧・電流各レンジの最大目盛値と抵抗レンジの中心目盛値付近の値(本器の場合20 Ω、200 Ω、20 kΩ)が校正点の対象です。この他に、目盛どおりに指示するかどうかを調べる目盛特性試験があります。普通の場合、電流の最低レンジ(本器の場合60 μA)の10 %～100 %まで、10 %ステップの10点が対象になります。これはメータの目盛分布(直線性)のバラツキを見るのが目的です。また、AC 12 V目盛は整流器の影響がありますので、目盛特性としてデータをとることもあります。

## 4－3　測定結果

### ① 電圧・電流の校正(最大目盛値)

試験日　　　　　　試験条件　　℃　　　%

| レンジ | テスタの読み (M) | 標準器の読み (T) | 絶対誤差 $\varepsilon=M-T$ | 誤差率 $\varepsilon_0=\frac{M-T}{T}\times100$(%) |
|---|---|---|---|---|
| DC　600 V | | | | |
| 300 V | | | | |
| 120 V | | | | |
| 30 V | | | | |
| 12 V | | | | |
| 3 V | | | | |
| 0.3 V | | | | |
| DC　0.3 A | | | | |
| 30 mA | | | | |
| 3 mA | | | | |
| (60 μA) | | | | |
| AC　600 V | | | | |
| 300 V | | | | |
| 120 V | | | | |
| 30 V | | | | |
| 12 V | | | | |

② 抵抗計の校正(指示値)

| レンジ | テスタの読み(M) | $M'=\frac{R_T}{R_T+M}\times 100$ % | 標準器の読み(T) | $T'=\frac{R_T}{R_T+T}\times 100$ % | 誤差率 $\varepsilon_0=T'-M'$(%) |
|---|---|---|---|---|---|
| Ω×1 k | 20 kΩ | 50 % | | | |
| Ω×10 | 200 Ω | 50 % | | | |
| Ω×1 | 20 Ω | 50 % | | | |

(注) $R_T$：抵抗レンジの中央目盛値(内部抵抗)

③ メータ目盛特性の校正(DC 60 μAレンジ指示値)

| テスタの読み(M) | M'=M 60 μA×100(%) | 標準器の読み(T) | $T'=\frac{T}{T_{(100)}}\times 100$ % | 誤差率 $\varepsilon_0=M'-T'$(%) |
|---|---|---|---|---|
| DC 60 μA | 100 % | | | |
| 54 μA | 90 % | | | |
| 48 μA | 80 % | | | |
| 42 μA | 70 % | | | |
| 36 μA | 60 % | | | |
| 30 μA | 50 % | | | |
| 24 μA | 40 % | | | |
| 18 μA | 30 % | | | |
| 12 μA | 20 % | | | |
| 6 μA | 10 % | | | |

(注) $T_{(100)}$：100 %点のときの標準器の読み(T)

## 4－4 結果のまとめ

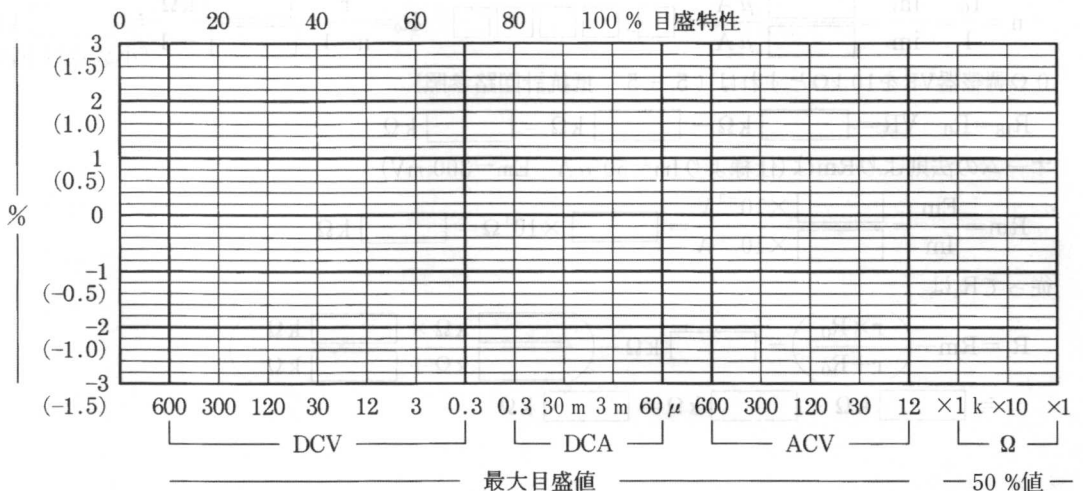
4－3の測定結果を標準器に対して⊕振れ過ぎ、⊖振れ不足としてグラフに記入します。
(注) 目盛特性は誤差が少いので( )%を使用してください。

# Ⅴ　テスタの回路計算

## 5－1　メータ回路

図5－1

Im ＝メータ回路電流　　Rm＝メータ回路抵抗

im ＝メータ電流感度　　Em＝端子間電圧

テスタに使用しているメータは、先に説明したように可動コイル型です。

この可動コイルには、0.02 ～ 0.04 mmの太さの銅線を数百回巻いてあり、一定の抵抗値に（内部抵抗）に仕上げることは困難です。

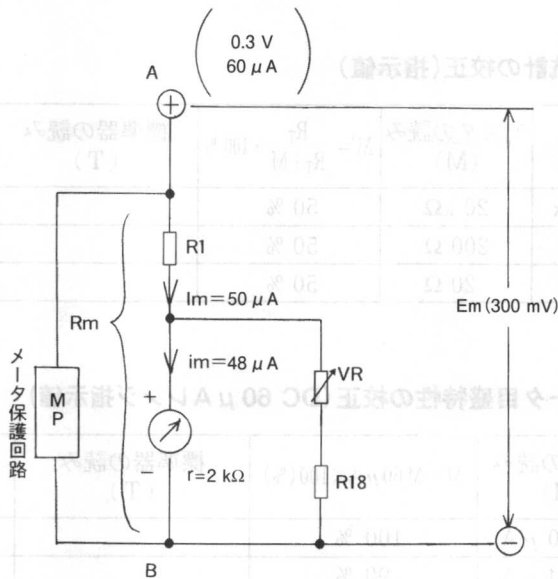
また、銅線の温度係数は＋1 ℃で約＋0.4 %ですから、回路的にこの誤差を補償する必要があります。高級テスタでは、サーミスタ（銅線と逆の温度特性）を使って、温度変化の補償をしているものもあります。本器では、無調整方式にするため、メータコイルと直列に抵抗を入れ、変化分の割合が全体的にみて極めて少なくなるように設計してあります。

| メータ回路仕様 | | |
|---|---|---|
| | メータ電流感度（im）…………………… | 48 μA　±1 % |
| | メータ内部抵抗（r）…………………… | 2 kΩ　±8 % |
| | 直流電圧・電流の動作電流（Im）…… | 50 μA |
| | A・B間電圧（Em）…………………… | 300 mA (0.3 V) |

図5－1のメータ回路でVR＋$R_{18}$はimをImに拡大する分流器になっています。

従って、この抵抗を$R_0$とすればP.22⒅式より

$n=\frac{I_0}{I}$　ここで

n＝拡大率

I＝拡大前の電流＝im

$I_0$＝拡大後の電流＝Im

$$n=\frac{I_0}{I}=\frac{Im}{im}=\frac{\square\ \mu A}{\square\ \mu A}\fallingdotseq\square.\square\square\square \qquad R_0=\frac{r}{n-1}=\frac{\square\ k\Omega}{\square-1}\fallingdotseq\square\ k\Omega$$

（小数点以下四捨五入）

0 Ω調整器VRを10 kΩとすれば（5－5　抵抗計回路参照）

$$R_{18}=R_0-VR=\square\ k\Omega-\square\ k\Omega=\square\ k\Omega$$

オームの法則よりRmは（仕様よりIm＝50 μA　Em＝300 mV）

$$Rm=\frac{Em}{Im}=\frac{\square\times10^{-3}\,V}{\square\times10^{-6}\,A}=\square\times10^{3}\,\Omega=\square\ k\Omega$$

従って$R_1$は

$$R_1=Rm-\left(\frac{r\times R_0}{r+R_0}\right)=\square\ k\Omega-\left(\frac{\square\ k\Omega\times\square\ k\Omega}{\square\ k\Omega+\square\ k\Omega}\right)$$

$$\fallingdotseq\square\ k\Omega-\square\ k\Omega=\square\ k\Omega$$

## 5－2　直流電流計(DCA)回路

直流電流計の計算は、分流器の計算式⒅式で求めることができます。また、オームの法則からも計算できます。

図5－2

① **DC 60μA 分流器の計算式⒅より**

$$n=\frac{I_0}{I}=\frac{I_{(60\mu)}}{Im}=\frac{\boxed{\quad}\ \mu A}{\boxed{\quad}\ \mu A}=\boxed{\quad}$$

$$R_2=\frac{Rm}{n-1}=\frac{\boxed{\quad}\ k\Omega}{\boxed{\quad}-1}=\boxed{\quad}\ k\Omega$$

② **DC 3 mA**

$$n=\frac{I_0}{I}=\frac{I_{(3)}}{Im}=\frac{\boxed{\quad}\times10^{-3}}{\boxed{\quad}\times10^{-6}}=\boxed{\quad}\times10^{3}=\boxed{\quad}$$

$$R_{10}=\frac{Rm}{n-1}=\frac{\boxed{\quad}\ k\Omega}{\boxed{\quad}-1}=\frac{\boxed{\quad}\ k\Omega}{\boxed{\quad}}\fallingdotseq\boxed{\quad}\ \Omega$$

※②～④は小数点第4位まで計算し四捨五入して答えの単位に換算すること

③ **DC 30 mA**

$$n=\frac{I_0}{I}=\frac{I_{(30)}}{Im}=\frac{\boxed{\quad}\times10^{-3}}{\boxed{\quad}\times10^{-6}}=\boxed{\quad}$$

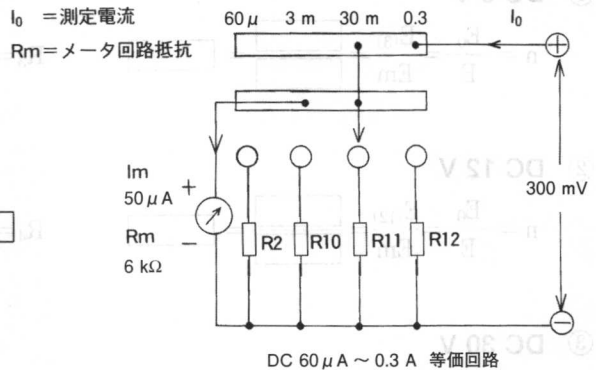
$$R_{11}=\frac{Rm}{n-1}=\frac{\boxed{\quad}\ k\Omega}{\boxed{\quad}-1}\fallingdotseq\boxed{\quad}\ \Omega$$

④ **DC 0.3 A**

$$n=\frac{I_0}{I}=\frac{I_{(0.3)}}{Im}=\frac{\boxed{\quad}\times10^{-3}}{\boxed{\quad}\times10^{-6}}=\boxed{\quad}$$

$$R_{12}'=\frac{Rm}{n-1}=\frac{\boxed{\quad}\ k\Omega}{\boxed{\quad}-1}=\boxed{\quad}\ \Omega$$

なお、実際の回路ではプリント基板のパターンやスイッチの接触抵抗等の抵抗が約0.01 Ω程度あり、計算上の値からこれを除く必要があります。(他のレンジでは分流器の値が大きいので無視できます。)

従って　$R_{12}=R_{12}'-0.01\ \Omega=\boxed{\quad}\ \Omega-0.01\ \Omega=\boxed{\quad}\ \Omega$

## 5－3　直流電圧計(DCV)回路

直流電圧計回路の計算は、一般的に倍率器の計算式が用いられます。また、テスタでは、Ω／Vが表示されており、これからも倍率器の抵抗値は計算できます。ここでは倍率器の計算式で計算してみます。

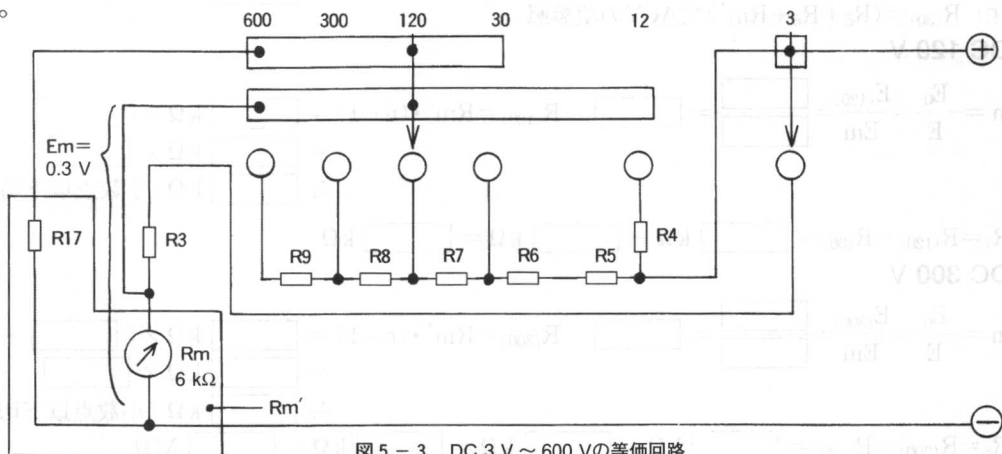



図5－3　DC 3 V～600 Vの等価回路

① **DC 3 V**

$$n=\frac{E_0}{E}=\frac{E_{(3)}}{Em}=\frac{\square}{\square}=\square \qquad R_3=Rm\cdot(n-1)=\square\ k\Omega\times(\square-1)$$
$$=\square\ k\Omega\times\square$$
$$=\square\ k\Omega$$

② **DC 12 V**

$$n=\frac{E_0}{E}=\frac{E_{(12)}}{Em}=\frac{\square}{\square}=\square \qquad R_4=Rm\cdot(n-1)=\square\ k\Omega\times(\square-1)$$
$$=\square\ k\Omega\times\square$$
$$=\square\ k\Omega$$

③ **DC 30 V**

DC 30 V ～ DC 600 Vまでは、ACVと回路を共用するため、メータ回路に分流器$R_{17}$を入れ、ACVと同感度(9 kΩ／V)にします。ACV 9 kΩ／Vの電流感度は、

$$I_{(AC)}=\frac{1\ V}{9\ k\Omega}\fallingdotseq 111.1\ \mu A$$

DCV 20 kΩ/Vの電流感度は

$$I_{(DC)}=\frac{1\ V}{20\ k\Omega}=50\ \mu A=Im$$

従って分流器の計算式⒅式より

$$n=\frac{I_0}{I}=\frac{I_{(AC)}}{Im}=\frac{\square}{\square}=\square.\square\square\square \qquad R_{17}=\frac{Rm}{n-1}=\frac{\square\ k\Omega}{\square-1}=\frac{\square\ k\Omega}{\square}$$
$$=\square\ k\Omega$$

（小数点第１位まで）

DC 30 V ～ DC 600 Vの倍率器はACVと共用のため、ここでは参考までに計算します。

DC 30 V ～ DC 600 VのRmは図5−3からわかるように、$R_{17}$が並列に入った回路になります。そこで、これをRm'とすると、

$$Rm'=\frac{Rm\times R_{17}}{Rm+R_{17}}=\frac{\square\ k\Omega\times\square\ k\Omega}{\square\ k\Omega+\square\ k\Omega}\fallingdotseq\square.\square\square\ k\Omega$$

$$n=\frac{E_0}{E}=\frac{E_{(30)}}{Em}=\frac{\square}{\square}=\square \qquad R_{(30)}=Rm'\cdot(n-1)=\square\ k\Omega\times(\square-1)$$
$$=\square\ k\Omega\times\square$$
$$\fallingdotseq\square\ k\Omega$$ （小数点以下切り捨て）

注）$R_{(30)}=(R_5+R_6+Rm')$でACVの項参照

④ **DC 120 V**

$$n=\frac{E_0}{E}=\frac{E_{(120)}}{Em}=\frac{\square}{\square}=\square \qquad R_{(120)}=Rm'\cdot(n-1)=\square\ k\Omega\times(\square-1)$$
$$=\square\ k\Omega\times\square$$
$$\fallingdotseq\square\ k\Omega$$ （小数点以下切り捨て）

$$R_7=R_{(120)}-R_{(30)}=\square\ k\Omega-\square\ k\Omega=\square\ k\Omega$$

⑤ **DC 300 V**

$$n=\frac{E_0}{E}=\frac{E_{(300)}}{Em}=\frac{\square}{\square}=\square \qquad R_{(300)}=Rm'\cdot(n-1)=\square\ k\Omega\times(\square-1)$$
$$=\square\ k\Omega\times\square$$
$$\fallingdotseq\square\ k\Omega$$ （小数点以下切り捨て）

$$R_8=R_{(300)}-R_{(120)}=\square\ k\Omega-\square\ k\Omega=\square\ k\Omega=\square\ M\Omega$$

⑥ **DC 600 V**

$$n=\frac{E_0}{E}=\frac{E_{(600)}}{Em}=\frac{\boxed{\phantom{00}}}{\boxed{\phantom{00}}}=\boxed{\phantom{00}}\qquad R_{(600)}=Rm'\cdot(n-1)=\boxed{\phantom{00}}\,k\Omega\times(\boxed{\phantom{00}}-1)$$

$$=\boxed{\phantom{00}}\,k\Omega\times\boxed{\phantom{00}}$$

$$\fallingdotseq\boxed{\phantom{00}}\,k\Omega=\boxed{\phantom{00}}\,M\Omega$$

$R_9=R_{(600)}-R_{(300)}=\boxed{\phantom{00}}\,M\Omega-\boxed{\phantom{00}}\,M\Omega=\boxed{\phantom{00}}\,M\Omega$（小数点第2位まで）

## 5－4　交流電圧計(ACV)回路

テスタのメータは平均値を指示するので(21)式より、

実効値＝1.11・平均値

本器は、半波整流回路を使用しており、図5－4のように⊕→⊖方向は$D_1$をとおりメータに電流が流れますが、⊖→⊕方向の電流は$D_2$をとおってしまいメータに流れません。

すなわちメータに流れる電流は1/2ということになります。そこで実効値(I)と平均値($I_{av}$)は(21)式より

図5－4　交流電圧計原理図

$$I\times\frac{1}{2}=1.11\times I_{av}$$

$$\therefore I=2.22\,I_{av}$$

従って交流動作電流Iは、

$$I=2.22\times50\,\mu A=111.1\,\mu A$$

これをΩ／Vで表すとオームの法則から

$$A=\frac{V}{\Omega}\quad\rightarrow\Omega/V=\frac{1}{A}$$

$$\therefore\frac{1}{I(A)}=\frac{1}{1.111\times10^{-6}A}=9\times10^3\,\Omega/V=9\,k\Omega/V$$

直流電圧回路で倍率器の計算式を使用したので、ここではΩ／Vで計算してみます。

① **AC 12 V（Ra＝2 kΩ）**

$R_{(AC\,12)}=9\,k\Omega/V\times\boxed{\phantom{00}}\,V=\boxed{\phantom{00}}\,k\Omega$

$R_5=R_{(AC\,12)}-Ra$

$=\boxed{\phantom{00}}\,k\Omega-\boxed{\phantom{00}}\,k\Omega=\boxed{\phantom{00}}\,k\Omega$

この計算は整流器の影響を除いてありますが、その分はAC 12 V専用スケールの目盛で実験的に補正してあります。

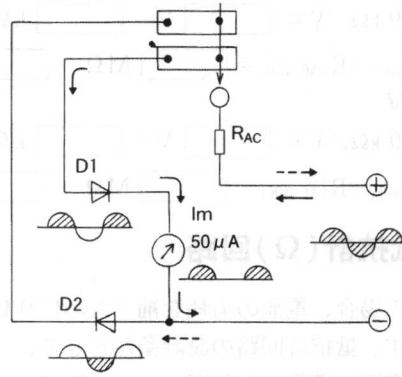
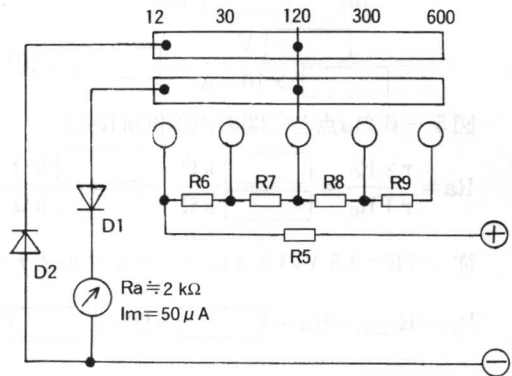



図5－5　AC 12 V～600 Vの等価回路

② **AC 30 V**

$R_{(AC\,30)} = 9\ \mathrm{k\Omega/V} \times \boxed{\quad}\ \mathrm{V} = \boxed{\quad}\ \mathrm{k\Omega}$

$R_6 = R_{(AC\,30)} - R_{(AC\,12)} = \boxed{\quad}\ \mathrm{k\Omega} - \boxed{\quad}\ \mathrm{k\Omega} = \boxed{\quad}\ \mathrm{k\Omega}$

③ **AC 120 V**

$R_{(AC\,120)} = 9\ \mathrm{k\Omega/V} \times \boxed{\quad}\ \mathrm{V} = \boxed{\quad}\ \mathrm{k\Omega} = \boxed{\quad}\ \mathrm{M\Omega}$

$R_7 = R_{(AC\,120)} - R_{(AC\,30)} = \boxed{\quad}\ \mathrm{k\Omega} - \boxed{\quad}\ \mathrm{k\Omega} = \boxed{\quad}\ \mathrm{k\Omega}$

④ **AC 300 V**

$R_{(AC\,300)} = 9\ \mathrm{k\Omega/V} \times \boxed{\quad}\ \mathrm{V} = \boxed{\quad}\ \mathrm{k\Omega} = \boxed{\quad}\ \mathrm{M\Omega}$

$R_8 = R_{(AC\,300)} - R_{(AC\,120)} = \boxed{\quad}\ \mathrm{M\Omega} - \boxed{\quad}\ \mathrm{M\Omega} = \boxed{\quad}\ \mathrm{M\Omega}$

⑤ **AC 600 V**

$R_{(AC\,600)} = 9\ \mathrm{k\Omega/V} \times \boxed{\quad}\ \mathrm{V} = \boxed{\quad}\ \mathrm{k\Omega} = \boxed{\quad}\ \mathrm{M\Omega}$

$R_9 = R_{(AC\,600)} - R_{(AC\,300)} = \boxed{\quad}\ \mathrm{M\Omega} - \boxed{\quad}\ \mathrm{M\Omega} = \boxed{\quad}\ \mathrm{M\Omega}$

## 5－5　抵抗計(Ω)回路

抵抗計回路の場合、電池の消耗を補うために０Ω調整器を使用しており、これが回路計算上のポイントになります。抵抗計回路の設計条件として、

電池電圧の調整可能範囲…………2.5 V ～ 3.5 V以上

| メータ中央目盛値(内部抵抗) | | |
|---|---|---|
| | Ω×1 kレンジ | 20 kΩ |
| | Ω×10レンジ | 200 Ω |
| | Ω×1レンジ | 20 Ω |

① **０Ω調整回路**

電池電圧の調整可能範囲の下限2.5 Vについて調べると、電池が一番減少したときであるから、０Ω調整器(VR)は、回路的にみて(a点)０Ωになります。このとき端子間から見た等価内部抵抗$R_{(2.5)}$は、オームの法則(2)式より

$$R_{(2.5)} = \frac{E_{(2.5)}}{Im} = \frac{\boxed{\quad}\ \mathrm{V}}{\boxed{\quad}\ \mu\mathrm{A}}$$

$$= \frac{\boxed{\quad}\ \mathrm{V}}{\boxed{\quad} \times 10^{-6}\ \mathrm{A}} = \boxed{\quad} \times 10^3\ \Omega = \boxed{\quad}\ \mathrm{k\Omega}$$



図５－６　０Ω調整回路図

※P48でR18は38 kΩとなりますが、ここでは実際の回路抵抗の値を使います。

図５－６のa点と⊖間の内部抵抗Raは

$$Ra = \frac{r \times R_0}{r + R_0} = \frac{\boxed{\quad}\ \mathrm{k\Omega} \times \boxed{\quad}\ \mathrm{k\Omega}}{\boxed{\quad}\ \mathrm{k\Omega} + \boxed{\quad}\ \mathrm{k\Omega}} \fallingdotseq \boxed{\quad}\ \mathrm{k\Omega}$$ (小数点第２位まで)

従ってE＝2.5 Vのときにメータをフルスケールさせるには、

$R_{16} = R_{(2.5)} - Ra = \boxed{\quad}\ \mathrm{k\Omega} - \boxed{\quad}\ \mathrm{k\Omega} = \boxed{\quad}\ \mathrm{k\Omega}$

次に、電池電圧の調整可能範囲上限E(max)について調べてみると、下限と逆で０Ω調整器は10 kΩいっぱいのｃ点になります。このｃ点と㊀間の内部抵抗Rcは

$$Rc=\frac{(r+VR)\times R_{18}}{r+VR+R_{18}}=\frac{(\square\ k\Omega+\square\ k\Omega)\times\square\ k\Omega}{\square\ k\Omega+\square\ k\Omega+\square\ k\Omega}$$

$$\fallingdotseq\square\ k\Omega$$ （小数点第２位を四捨五入）

また、メータをフルスケールさせたときのｃ点と㊀間の電圧は

$$Ec=I\cdot R=im\times(r+VR)=\square\ \mu A\times(\square\ k\Omega+\square\ k\Omega)$$

$$\fallingdotseq\square\times10^{-3}\ V=\square\ mV$$

であり、$R_{18}$に流れる電流Icは、

$$Ic=\frac{Ec}{R_{18}}=\frac{\square\times10^{-3}\ V}{\square\times10^{3}\ \Omega}\fallingdotseq\square\times10^{-6}\ A=\square\ \mu A$$ （小数点第１位まで）

電池から流れる電流Ｉ(max)は、

$$I(max)=im+Ic=\square\ \mu A+\square\ \mu A=\square\ \mu A$$

０Ω調整器ｃ点での電池電圧E(max)はオームの法則から

$$E(max)=I(max)\times(Rc+R_{16})=\square\ \mu A\times(\square\ k\Omega+\square\ k\Omega)$$

$$\fallingdotseq\square\ V$$ （小数点第２位を四捨五入）

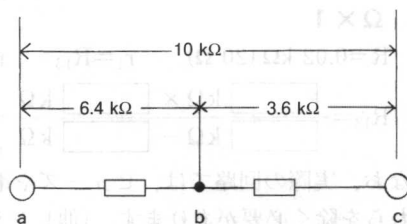
従って設計条件3.5 Vを満足します。

では、電池の電圧（初期電圧）3.2 Vのとき、０Ω調整器のブラシはどのようなポジションになるか調べて見ます。かりに図5−6のｂ点としますと（2.5 Vのとき0 Ω、3.6 Vのとき10 kΩ）の条件より

$$Rab=10\ k\Omega\times\frac{(3.2-2.5)V}{(3.6-2.5)V}=6.4\ k\Omega$$

$$Rbc=10\ k\Omega\times\frac{(3.6-3.2)V}{(3.6-2.5)V}=3.6\ k\Omega$$

となり0 Ω調整器のブラシポジションは6.4 kΩと3.6 kΩに分けた位置になります。

図５－７

また、b点と⊖間の内部抵抗は、

$$Rb=\frac{(r+Rab)\times(Rbc+R_{18})}{r+Rab+Rbc+R_{18}}$$

$$=\frac{(\ \square\ k\Omega+\ \square\ k\Omega)\times(\ \square\ k\Omega+\ \square\ k\Omega)}{\square\ k\Omega+\ \square\ k\Omega+\ \square\ k\Omega+\ \square\ k\Omega}$$

$=\ \square\ k\Omega$（小数点第３位を四捨五入）

従って電池電圧3.2 Vの端子間の等価内部抵抗は

$R_{(3.2)}=Rb+R_{16}=\ \square\ k\Omega+\ \square\ k\Omega\fallingdotseq\ \square\ k\Omega$（小数点以下切り捨て）

### ②　Ω×1 k

仕様の中央目盛値（内部抵抗）Rが20 kΩであるから、分流抵抗$R_{15}$は(7)式より（P.20参照）

$$r_1=\frac{r_2\times R}{r_2-R}$$

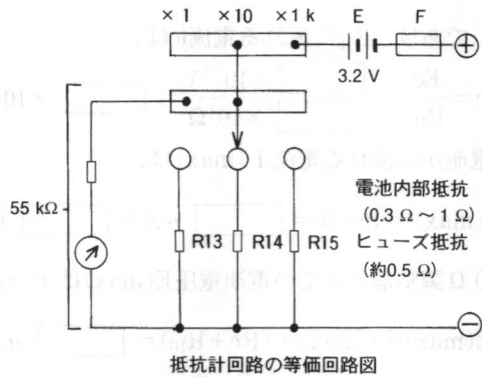
ただしR＝20 kΩ

$r_1=R15$　　$r_2=R_{(3.2)}=55\ k\Omega$

$$R_{15}=\frac{\square\ k\Omega\times\ \square\ k\Omega}{\square\ k\Omega-\ \square\ k\Omega}$$

$\fallingdotseq\ \square\ k\Omega$（小数点第２位を四捨五入）

抵抗計回路の等価回路図

図５－８

### ③　Ω×10

$R=0.2\ k\Omega\ (200\ \Omega)$　　$r_1=R_{14}$　　$r_2=R_{(3.2)}=55\ k\Omega$

$$R_{14}=\frac{\square\ k\Omega\times\ \square\ k\Omega}{\square\ k\Omega-\ \square\ k\Omega}=\ \square\ k\Omega\fallingdotseq\ \square\ \Omega$$

（小数点第１位まで）

### ④　Ω×1

$R=0.02\ k\Omega\ (20\ \Omega)$　　$r_1=R_{13}$　　$r_2=R_{(3.2)}=55\ k\Omega$

$$R_{13}=\frac{\square\ k\Omega\times\ \square\ k\Omega}{\square\ k\Omega-\ \square\ k\Omega}=\ \square\ k\Omega\fallingdotseq\ \square\ \Omega$$

（小数点第２位まで）

なお、実際の回路では、ヒューズや電池（２本分）などの抵抗が約1.9 Ω程度あり、計算上の値からこれらを除く必要があります。（他レンジでは抵抗値が大きいので無視できます。）

$R_{13}=R_{13}-1.9\ \Omega=\ \square\ \Omega-1.9\ \Omega\fallingdotseq\ \square\ \Omega$

## 5－6　バッテリチェック回路（1.5 V）

バッテリチェック回路は、測ろうとする電池に負荷抵抗18 Ωを接続し、その端子電圧を、DC 3 Vの電圧計で測定します。したがって、電池を使用状態に近い形で測定できるので、電池の良否が正確に判断できます。

●バッテリチェックの計算例(1.6 Vの場合)

両端子間からみた合成抵抗$R_0$は、

$$R_0 = 0.5\,\Omega + \frac{(R_3 + Rm) \times R_{13}}{R_3 + Rm + R_{13}}$$

$$= 0.5\,\Omega + \frac{(\square\,k\Omega + \square\,k\Omega) \times \square\,\Omega}{\square\,k\Omega + \square\,k\Omega + \square\,\Omega}$$

$$= 0.5\,\Omega + \square\,\Omega = \square\,\Omega$$ (小数点第2位まで)

したがって測定電池の電圧が1.6 Vのとき、この回路の流れる電流 $I_0$は

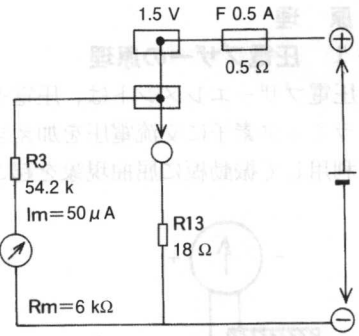
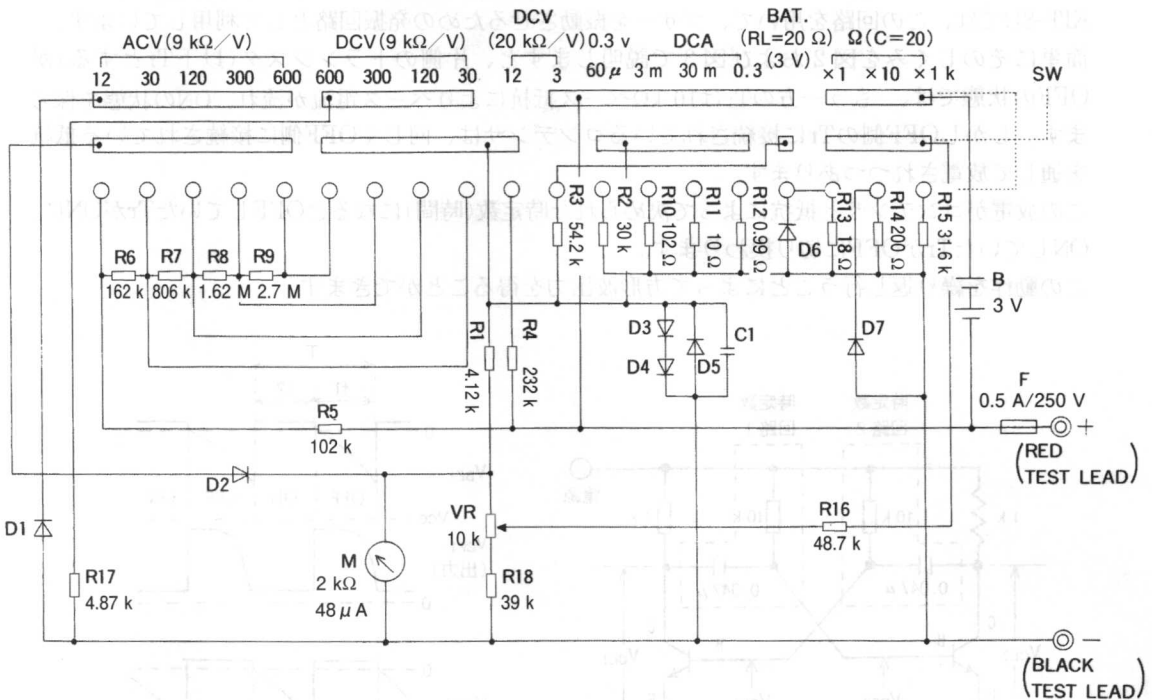
$$I_0 = \frac{E}{R_0} = \frac{\square\,V}{\square\,\Omega} = \square\,mA$$ (小数点第1位まで)

バッテリチェックの等価回路図
図5－9

よってメータ回路に流れる電流imは

$$im = \frac{R_{13}}{R_3 + Rm + R_{13}} \times I_0 = \frac{\square\,\Omega}{\square\,k\Omega} \times \square\,mA = \square\,mA = \square\,\mu A$$

(小数点第4位まで)

このimがImの何%か計算し、各電圧ごとに目盛板上に目盛るわけです。

KIT-8D形　回路図

KIT-8Dでは、ここまで計算した答の値と実際の回路に使用されている抵抗値の値が異なるものがあります。これは使用する抵抗にシリーズ抵抗と呼ばれる抵抗値の抵抗器を採用している為です。シリーズ抵抗とは、抵抗値にどのようなものがあるのかを示した数列のことです。代表的なものにはE24、E96シリーズなどがあります。これらはJISにも定められており、シリーズ抵抗を使うことによって入手性やコストのメリットが出てきます。

# Ⅵ　別売付属品ブザーキットの組立

## 1．原　理

### 1－1　圧電ブザーの原理

圧電ブザーエレメントは、圧電セラミック素子と振動板を接着した簡単な構造です。その圧電セラミック素子に交流電圧を加えますと、素子が径方向に伸びたり、縮んだりします。この動きを利用して振動板に屈曲現象を起こし、音を発生させます。

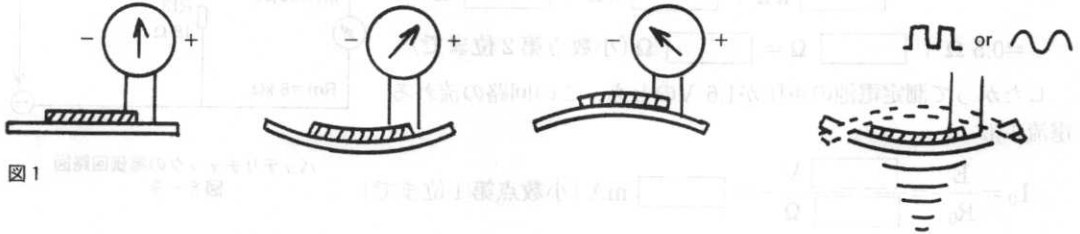



図1

### 1－2　発振回路の原理

P.57、2.の回路図にて、ブザー回路に使用されているのが、非安定マルチバイブレータと呼ばれる、発振回路です。

この回路は2個のトランジスタと抵抗・コンデンサなどを利用して、ある一定の周期でトランジスタがそれぞれ、ON、OFFを繰り返すことによって方形波(図3)を出力することができます。

KIT-8Dでは、この回路を用いて、ブザーを振動させるための発振回路として利用しています。

簡単にそのしくみを図2および図3で説明しますと、片側のトランジスタ(以下Trとする)がOFFの状態では、　もう一方のTrは10 kΩベース抵抗によりベース電流が流れ、ONの状態を保ちます。しかしOFF側のTrに接続されているコンデンサは、同じくOFF側に接続されている抵抗を通して放電されつつあります。

この放電がコンデンサと抵抗によって決められた時定数(時間)になるとOFFしていたTrがONに、ONしていたTrがOFFに切り換わります。

この動作を繰り返し行うことによって方形波出力を得ることができます。

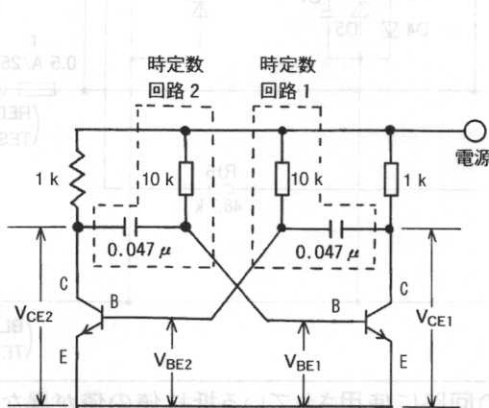



図2
非安定マルチバイブレータ回路

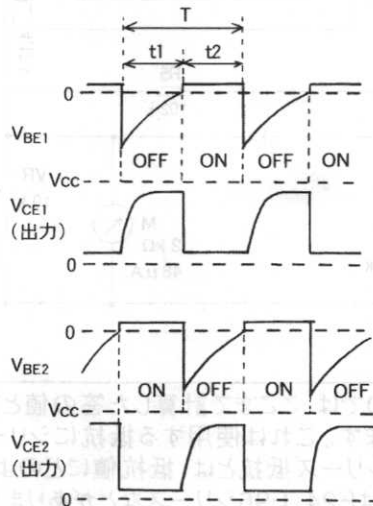
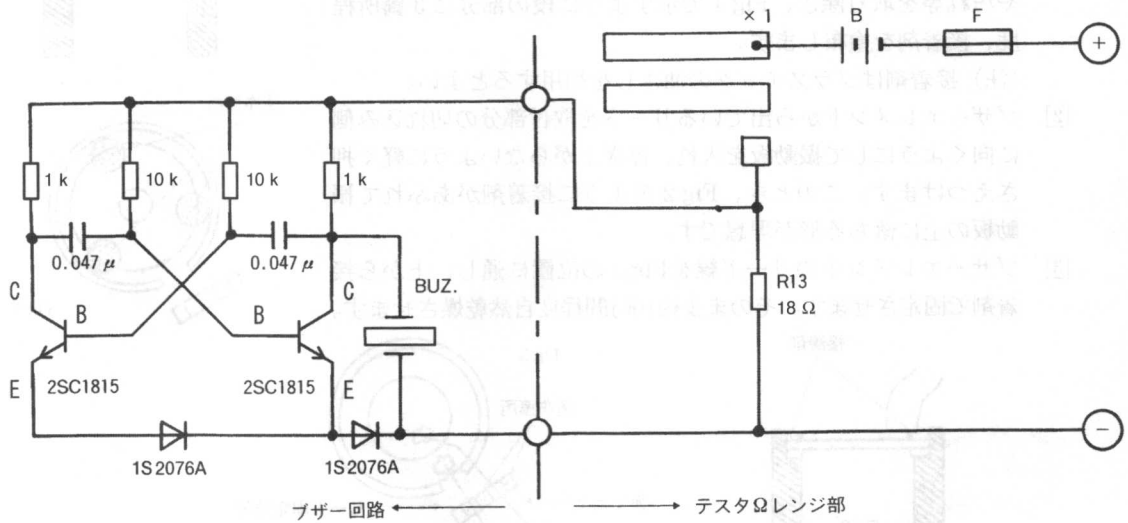



図3
動作波形

## 2. 回路図

## 3. 部品表

| 品　名 | 規　　格 | 数量 | 品　名 | 規　　格 | 数量 |
|---|---|---|---|---|---|
| 圧電ブザーエレメント | 2端子式　φ20 mm | 1 | プリント基板 | はんだ付け練習用小基板 | 1 |
| トランジスタ | 2SC1815 GR | 2 | リード線 | 赤　68 mm | 1 |
| コンデンサ | 0.047 μ | 2 | リード線 | 黒　70 mm | 1 |
| ダイオード | 1S 2076A | 2 | タッピングネジ | 2×6 | 1 |
| 固定抵抗器 | 1／4 W 1 kF | 2 | ※接着剤 | 木工用ボンド | 少々 |
| 固定抵抗器 | 1／4 W 10 kF | 2 | はんだ | 本体組残り分 | 少々 |

※接着剤はブザーキットのパーツ袋の中
には含まれていません。
あらかじめご了承ください。

## 4．圧電ブザーエレメントの接着方法

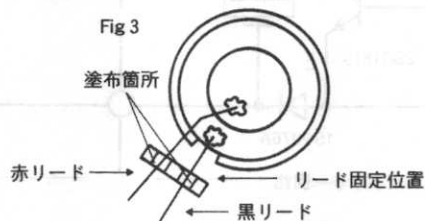
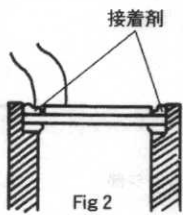
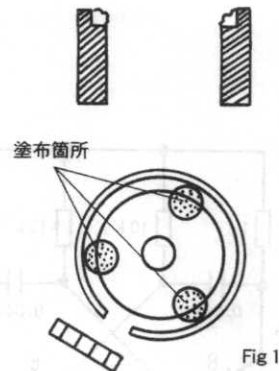
1 パネルおよび振動板（圧電ブザーエレメント黄銅板）の油性分や汚れ等を取り除き、Fig 1で示すように段の部分に3箇所程度、接着剤を塗布します。
（注）接着剤はプラスチックの油さしを利用するとよい。

2 ブザーエレメントから出ているリードを取付部分の切れ込み側に向くようにして振動板を入れ、浮き上がらないように軽く押さえつけます。このとき、Fig 2のように接着剤があふれて振動板の上に落ちる形が理想です。

3 ブザーエレメントのリード線をFig 3の位置に通し、上から接着剤で固定させます。そのまま約16時間程度自然乾燥させます。

Fig 1

Fig 2

Fig 3

## 5．基板の組立・配線

実体配線図を参考に各部品を取付けていきます。（Fig 4）また、小基板の黒リードおよび赤リードを本体大基板に配線します。（Fig 5， 6）

タッピング ネジ 2×6
トランジスタ 2SC1815
黒リード 70 mm
コンデンサ
赤リード 68 mm
10 k
1 k
1 k
10 k
ダイオード 1S 2076A
BUZ. 黒リード
BUZ. 赤リード

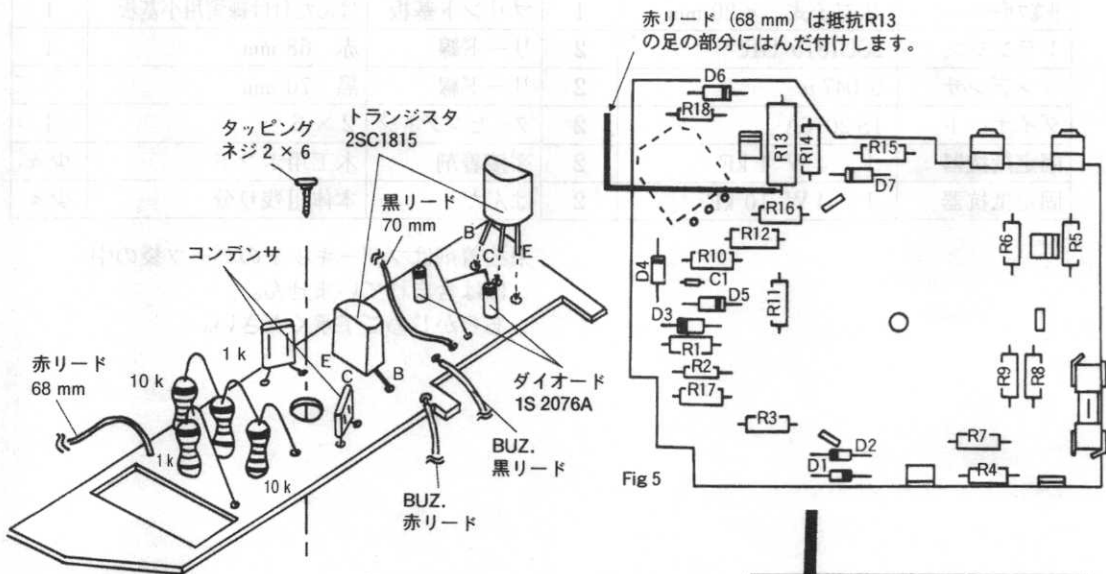
Fig 4

赤リード（68 mm）は抵抗R13の足の部分にはんだ付けします。

Fig 5

黒リード（70 mm）を図の位置に通し、図のようにはんだ付けしてください。

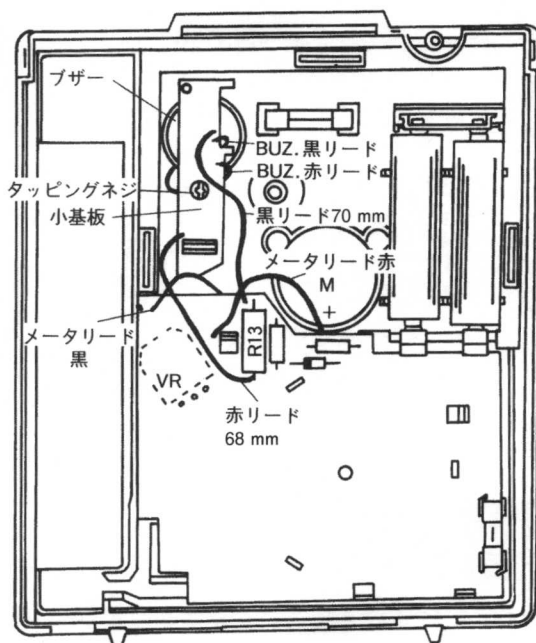
Fig 6

## 6．基板の取付け

完成した小基板をパネルに取付けます。

1 大基板をパネルに付け、小基板をFig 7の図の位置に取付けます。
このとき、基板の配線が他の所にはさみこまれないように、配線そろえをしておいてください。

2 ダッピングネジにて小基板をパネルに固定します。

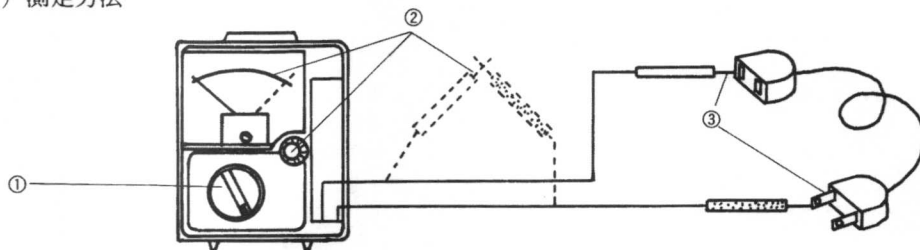
3 本体ケースとパネルにあわせ、ケース止めネジをしめて完成です。

## 7．測定方法

⚠ 警告

1 測定前には必ず「レンジ確認」を行ってください。
2 測定中は他のレンジに切換えないでください。
3 絶対に濡れた手では測定しないでください。
4 電圧が加わっている回路では測定できません。

1）測定対象
配線の導通の確認等に使用します。

2）測定レンジ
抵抗測定レンジの×１のレンジを使用します。

3）測定方法

1 レンジ切換えつまみをΩレンジの×１に合わせます。

2 テストピンの両端をショートさせて、０Ω調整を行います。
（このとき、テスタからはブザー音が鳴ります。）

3 テストピンを被測定回路にあてます。

4 ブザー音および目盛板で導通を確認します。

• 約35 Ω以下で発音します。ただし、この値近辺では、音が聞き取りづらい場合もあります。

# 台紙部品表

| 定 格 値 | | | カラーコード・記号 |
|---|---|---|---|
| R1 | 4.12 kF | はりしろ | 黄 茶 赤 茶 茶 |
| R2 | 30 kJ | | 橙 黒 黒 赤 金 |
| R3 | 54.2 kF | | 緑 黄 赤 赤 茶 |
| R4 | 232 kF | | 赤 橙 赤 橙 茶 |
| R5 | 102 kF | | 茶 黒 赤 橙 茶 |
| R6 | 162 kF | | 茶 青 赤 橙 茶 |
| R7 | 806 kF | | 灰 黒 青 橙 茶 |
| R8 | 1.62 MF | | 茶 青 赤 黄 茶 |
| R9 | 2.7 MF | | 赤 紫 黒 黄 茶 |
| R10 | 102 ΩF | | 茶 黒 赤 黒 茶 |
| R11 | 10 ΩF | | 茶 黒 黒 金 茶 |
| R12 | 0.99 ΩF | | 黒 白 白 銀 茶 |
| R13 | 18 ΩF | | 茶 灰 黒 金 茶 |
| R14 | 200 ΩG | | 赤 黒 黒 黒 赤 |
| R15 | 31.6 kF | | 橙 茶 青 赤 茶 |
| R16 | 48.7 kF | | 黄 灰 紫 赤 茶 |
| R17 | 4.87 kF | | 黄 灰 紫 茶 茶 |
| R18 | 39 kJ | | 橙 白 黒 赤 金 |
| D1 | 1S 2076A | | ─\|◁─ |
| D2 | 1S 2076A | | ─\|◁─ |
| D3 | IN−4004 | | ─\|◁─ |
| D4 | IN−4004 | | ─\|◁─ |
| D5 | IN−4004 | | ─\|◁─ |
| D6 | IN−4004 | | ─\|◁─ |
| D7 | IN−4004 | はりしろ | ─\|◁─ |
| | | | |

## MEMO

◎参考書のご案内

テスタ構造原理と測定法(初歩から応用まで)をやさしく解説したテキストが発売されております。

・書名「テスタとディジタル・マルチメータの使い方」
著者:金沢敏保・藤原章雄　出版社:CQ出版社株式会社
価格:¥1,800+税(¥1,890)　ISBN4-7898-3720-3

・書名「テスタ使いこなしテクニック」　著者:丹羽一夫　出版社:誠文堂新光社
価格:¥1,200+税(¥1,260)　ISBN4-416-10505-3

購入申し込みは最寄りの書店でお願い致します。

説明書の仕様や内容については予告なしに変更
中止することがございますのでご了承ください。

sanwa®


三和電気計器株式会社

本社=東京都千代田区外神田2–4–4·電波ビル
郵便番号=101-0021·電話＝東京（03）3253–4871㈹
大阪営業所=大阪市浪速区恵美須西2–7–2
郵便番号=556-0003·電話=大阪（06）6631–7361㈹


植物油インキを使用しています。

12-1206 2040 2040